

12 5855

juillet 1972

Trimestriel

fascicule 2

BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ D'ÉCOLOGIE



Tome III

SOCIÉTÉ D'ÉCOLOGIE

Adresser les cotisations à M. le Trésorier de la Société d'Ecologie
61, rue de Buffon, 75005 PARIS
C.C.P. Société Française d'Ecologie 30.279-62 LA SOURCE
Cotisation 1972 : 50 francs et 100 francs pour les collectivités

Bureau :

Président : Georges LEMÉE, Laboratoire d'Ecologie végétale, Faculté des Sciences, Orsay (Essonne).

Vice-Président : Pierre JOURDHEUIL, Station de Recherches de lutte biologique, 37, boulevard du Cap, 06 - Antibes.

Secrétaire Général : Cl. DELAMARE DEBOUTTEVILLE, Laboratoire d'Ecologie générale, 4, avenue du Petit Château, Brunoy (Essonne).

Secrétaire Générale adjointe : M^{me} Germaine RICOU, Laboratoire de Zoologie agricole, 16, rue Dufay, Rouen (Seine-Maritime).

Trésorier : Jean-Marie TURMEL, Laboratoire de Biologie végétale appliquée, 61, rue de Buffon, Paris 5^e.

Conseil :

AMANIEU Michel, Maître de Conférences, Faculté des Sciences, place Eugène Bataillon, 34 - Montpellier.

BELLAN Gérard, Chargé de Recherches au C.N.R.S., Station Marine d'Endoume, rue de la Batterie des Lions, 13 - Marseille.

BINET Paul, Professeur à la Faculté des Sciences, Laboratoire de Physiologie Végétale, 14 - Caen.

BOUCHÉ Marcel, Chargé de Recherches à l'I.N.R.A., 7, avenue du Cromois, 21 - Quétigny.

BOVARD Pierre, Chef de la Station radioécologie du C.E.A., 42, rue de la République, Esquevilly (Yvelines).

BROSSET André, Maître de Recherches au C.N.R.S., Laboratoire d'Ecologie Générale, 4, avenue du Petit Château, 91 - Brunoy.

CERCEAU Didier, Ingénieur Agronome (ENSAT), 8, avenue de Valenton, 94 - Villeneuve-Saint-Georges.

DELAMARE DEBOUTTEVILLE Claude, Directeur du Laboratoire d'Ecologie Générale du Muséum National, Directeur du Laboratoire Souterrain du C.N.R.S., 09 - Moulis, 4, avenue du Petit Château, 91 - Brunoy.

GIUDICELLI Jean, Maître de Conférences, Faculté des Sciences Saint-Gerôme, Laboratoire de Zoologie, Traverse de la Barasse, 13 - Marseille (13^e).

GOUNOT Anne, Maître de Conférences, Faculté des Sciences de Lyon, Laboratoire de Biologie Végétale, 43, boulevard du 11 Novembre 1918, 69 - Villeurbanne.

JOURDHEUIL Pierre, Directeur de la Station de Recherches de lutte biologique et de zoologie, 37, boulevard du Cap, 06 - Antibes.

LAUBIER Lucien, Conseiller scientifique au CNEO, B. P. 337, 29 N - Brest.

LEMÉE Georges, Professeur à la Faculté des Sciences d'Orsay, 6, avenue Garennière, 94 - Fresnes.

LOSSAINT Paul, Directeur de Recherches au C.N.R.S., Résidence « Blanche Colombe » (D), chemin des Sorbes, 34 - Montpellier.

MARTINAT Michel, Architecte-urbaniste, 13-17, rue Lucien Perquel, 95 - Montmorency.

MOREL Pierre, Vétérinaire-Inspecteur de la Coopération, 10, rue Pierre Curie, 94 - Maison-Alfort.

DE PARCEVAUX Sané, Maître de Recherches à l'I.N.R.A., 51, boulevard de Glatigny, 78 - Versailles.

RAMADE François, Maître-Assistant, Laboratoire de Zoologie de l'I.N.A., 16, rue Claude Bernard, 75 - Paris (5^e).

RICOU Germaine, Maître de Recherches à l'I.N.R.A., 5, rue Paul Lambert, 76 - Grand-Quevilly.

RIOUX Jean-Antoine, Professeur à la Faculté de Médecine, 18, rue Foch, 34 - Montpellier.

ROUGIER Gabriel, Professeur à la Sorbonne, 10, avenue du Docteur Roux, 75 - Paris (15^e).

SAUVAGE Charles, Vice-Président de l'Association International d'Ecologie, Professeur à la Faculté des Sciences de Montpellier, route des Matelles, 34 - Saint-Gély-du-Fesc.

TURMEL Jean-Marie, Maître de Conférences, 1, square Lagarde, 75 - Paris (5^e).

WAUTIER Jacques, Professeur à la Faculté des Sciences de Lyon, 164, rue Louis Becker, 69 - Villeurbanne.

Membres étrangers du bureau :

Professeur DUVIGNEAUD, Centre National d'Ecologie générale, 28, avenue Paul Heger, Bruxelles (Belgique).

Professeur SACCHI, Istituto di Zoologia, Palazzo Botta, 21.000, Pavia (Italie).

M. MARGALEF, Cons. Sup. de Investig. Pesqueiras, Universidad de Barcelona, Barcelona (Espagne).

Professeur GIACOMINI, Ordinario di Botanico, Università di Roma (Italie).

Professeur STUGREN, Catedra de Biologie, Universitatea « Babes Bolyan », Str. Clinicilor 5-7 Cluj (Roumanie).

Le Conseil de la Société, par décision de l'Assemblée générale, constitue le Comité de lecture du Bulletin.

P2 3835

juillet 1972
Trimestriel

fascicule 2

BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ D'ÉCOLOGIE

SOCIÉTÉ D'ÉCOLOGIE

Secrétariat général
4, Avenue du Petit-Château
91800 BRUNOY, Essonne (France)

Publié avec le concours financier du Centre National de la Recherche Scientifique

Tome III



SOMMAIRE

Articles originaux

Claude HENRY. — Isolement écologique des Passereaux nicheurs d'un marais ..	109
G. GOFFINET et R. FRESON. — Recherches synécologiques sur la pédofaune de l'écosystème forêt claire (Miombo)	138
A. KERMARREC et J.B. BERGE. — Méthodes d'estimation des populations de nématodes des sols et des racines	151
M. VIVIER et P. BINET. — Le « fonds prairial » dans le Bessin et le pays d'Auge.	170
P. TREHEN. — Ecologie des Diptères Empidides à larves édaphiques	173
Slavica SEVO. — Contribution à l'étude de la faune malacologique dans le « Westhoek »	192

Résumés de thèses

M. BECKER. — Etude des relations sol-végétation en conditions d'hydromorphie dans une forêt de la plaine lorraine	209
R. RUSSIER-DELORME. — La Planaire américaine <i>Dugesia tigrina</i> dans la région lyonnaise : essai d'explication écophysiologique de son implantation	210
B. SERRA-TOSIO. — Ecologie des Diamesini d'Europe	210
J. GILBERT. — Analyse électrophorétique des protéines de <i>Niphargus</i> en fonction de facteurs physiologiques, écologiques et systématiques	214

Activités de la Société

Compte rendu du symposium international « La radioécologie appliquée à la Protection de l'Homme et de son environnement »	217
Compte rendu de la réunion du groupe de travail « Biome Forêt » du P.B.I.	218
Groupe de Travail « Physique de la Biosphère »	219
Section locale des Bouches du Rhône	225

Nouvelles diverses

Zones d'intérêt biologique majeur dans le Lubéron	227
Ouvrages d'écologie. Films	237

ISOLEMENT ÉCOLOGIQUE DES PASSEREAUX NICHEURS D'UN MARAIS

par Claude HENRY

Laboratoire de Zoologie
Faculté des Sciences, 45 - Orléans

L'étude des mécanismes d'isolement écologique de différentes espèces animales taxonomiquement voisines, fréquentant une aire géographique commune, nécessite une étude approfondie de la niche écologique de chacune d'elles.

Introduit dans la littérature par ELTON en 1927, repris et précisé par de nombreux auteurs (HUTCHINSON, 1944; ELTON et MILLER, 1954; ELTON, 1958; UDVARDY, 1959; WEATHERLY, 1963; KENDEIGHT, 1961), le terme conserve habituellement le sens de « position fonctionnelle » d'un organisme dans sa communauté, ou de « position trophique », c'est-à-dire encore de « profession » par opposition à « l'adresse » de cet organisme qui est son habitat (ODUM, 1959).

C'est donc en définitive la place d'un organisme dans le transfert de l'énergie d'un écosystème, définition qui a permis des interprétations variées selon les Auteurs et le matériel étudié, quant à son contenu concret.

La valeur du concept de niche, outil théorique, reste cependant de décrire les relations de l'espèce avec son milieu, de telle sorte que les conditions de compétition ou d'isolement écologique puissent être définies et évaluées. La règle de GAUSE « une espèce par niche » demeure valable dans la majorité des cas (ODUM, 1959) même si elle a été critiquée (MACFADYEN, 1963; ANDREWARTHA, 1961).

Nous considérerons donc comme essentiel que la connaissance de la niche d'une espèce permette de connaître les rapports de compétition ou d'isolement de cette espèce avec celles qui occupent la même aire géographique à un instant donné (1).

Chaque espèce a un certain nombre de besoins variables dans le temps. Ces besoins doivent trouver satisfaction dans le milieu occupé par l'espèce. Nous admettons donc avec HUTCHINSON (1957) et MILLER (1967) que la niche fondamentale d'une espèce se définit comme un espace abstrait, un hyper-volume à n dimensions, chaque dimension représentant la valeur d'une variable du milieu capable de limiter la survie de cette espèce.

Cette définition très théorique semble malheureusement difficile à exploiter sur le terrain. Aussi, pour rester aussi près que possible de la réalité, nous accepterons l'idée que, à chaque besoin d'une espèce, doit correspondre un « bien écologique » du milieu, que cette espèce doit être apte à utiliser par ses adaptations morphologiques, anatomiques, physiologiques et éthologiques.

Sans prétendre décrire dans leur totalité les niches de nos passereaux, nous étudierons quelques éléments de ces niches, c'est-à-dire les quelques

(1) Dans tout ce travail nous entendons par « compétition », la *compétition active* (« direct competition » de KENDEIGHT (1967), ou encore « interference » de MILLER (1967).

« biens écologiques » du milieu, utilisés pour répondre à quelques besoins fondamentaux :

- Le site de nidification,
- Les matériaux constitutifs du nid,
- Les postes de chant,
- La nourriture des adultes et des jeunes.

(Cette liste étant établie sans souci de hiérarchie.)

Nous serons donc amenés, après l'étude du milieu fréquenté par ces passereaux, à nous intéresser successivement aux différents besoins cités plus haut :

- manière dont ils sont satisfaits;
- ressources du milieu qui les satisfont;
- repartition dans le temps de cette satisfaction.

1. — LE MILIEU ET SON AVIFAUNE

Le terrain étudié est un marais de 17 hectares situé en « Petite Beauce » le long d'un affluent de la Loire : La Cisse.

Ce marais montre différents faciès végétaux qui ont été étudiés en détail (HENRY, 1971); rappelons simplement ici que nous trouvons :

- des zones de phragmitaie presque pure, non inondées pendant 3 à 4 mois en été,
- des zones de cladiaie-phragmitaie,
- des zones à *Phragmites* en étage dominant (2 m) et à *Juncus obtusiflorus* ou *Carex* dominés (0,80 m).

L'ensemble connaît une lente colonisation par les saules depuis une quinzaine d'années. De plus, toute la partie Nord a été transformée en peupleraie.

La zone marécageuse est limitée par une bordure boisée épaisse (aubépine, prunus, ronces...) au bas d'un versant mort à l'Ouest, et pas la Cisse à l'Est.

L'ensemble est isolé au milieu de milliers d'hectares de terres cultivées.

L'avifaune montre un maximum de 33 espèces au printemps et au début de l'été, et un minimum de 10 à 12 espèces en hiver.

Parmi les 33 espèces présentes, 30 se reproduisent dans le milieu étudié, et 9 dans le marais; ce sont : *Traquet pâle*, *Phragmite des joncs*, *Rousserolle effarvatte*, *Bruant des Roseaux*, *Locustelle lusciniôide*, *Locustelle tachetée*, *Merle noir*, *Linotte mélodieuse*, *Bouvreuil Pivoine*.

Parmi celle-ci, certaines sont assez strictement inféodées au marais et nous intéresserons plus particulièrement dans la suite de ce travail (*Phragmite des Joncs*, *Bruant des roseaux*, *Rousserolle effarvatte*, *Locustelle tachetée*, *Locustelle lusciniôide*, *Linotte mélodieuse*, *Bouvreuil Pivoine*). Quant aux autres, elles ne sont pas dans le marais à leur optimum écologique, et nous n'en parlerons qu'accèssoirement.

2. — ÉLÉMENTS DE LA NICHE

2.1. — SITES DE NIDIFICATION.

Nous tenterons de dégager dans ce qui suit, pour chaque espèce, les caractéristiques du site de nidification.

Bruant des roseaux (tableau 1).

Nous constatons pour cette espèce, une homogénéité assez nette des sites choisis : hauteur moyenne du nid : 30 à 40 cm; présence normale d'un toit formé par une partie de la végétation sèche soutenant le nid. Le toit laisse une hauteur libre au-dessus de la coupe, variant entre 15 et 30 cm en général, le support du nid est toujours constitué par des chaumes de *Juncus* ou *Carex*. Les tiges vertes de ces deux plantes, quand elles existent au niveau d'un nid, ne jouent aucun rôle dans son maintien.

Le nid est toujours posé, rarement enchevêtré à son support. L'environnement du nid comprend un cortège floristique assez constant avec : *Juncus* et *Phragmites* dont les coefficients d'Abondance - Dominance varient de 3 à 5; d'autres espèces constituent

TABLEAU 1

Nids	Hauteur par rapport au sol	Hauteur sous végétation (cm)	Substrat	Etablissement	Environnement	Proximité eau libre	Perchoirs utilisés pour arrivée au nid
N° 1	+ 40 cm	Toit - 30 Phr. - 150 à - 180	<i>Juncus</i> secs et verts	posé toit de <i>Juncus</i>	<i>Juncus</i> - <i>Phragmites</i> - <i>Lysimachia</i> - <i>Eupatorium</i> - <i>Lythrum</i> - <i>Salix</i> à 3,50 m	+ 10 m	Phr. secs 18 Phr. verts 3 Tot. noté 21
N° 2	+ 35 cm	Toit - 25 Phr. - 120 à - 150	<i>Juncus</i> secs <i>Carex</i> secs	posé toit de <i>Juncus</i>	<i>Juncus</i> - <i>Phragmites</i> - <i>Lysimachia</i> - <i>Eupatorium</i> - <i>Lythrum</i> - <i>Salix</i>	30 m env.	Phr. secs. 32 Tot. noté 32
N° 3	+ 40 cm	Toit - 20 Phr. et <i>salix</i> - 120	<i>Juncus</i> secs Phr. secs	posé toit de <i>Juncus</i> secs	<i>Juncus</i> - <i>Phragmites</i> - <i>Carex</i> - <i>Lysimachia</i> - <i>Eupatorium</i> - <i>Spirea</i> - <i>Salix</i> à moins 1 m	30 m env.	Phr. secs. 17 Sauf 1 Tot. noté 18
N° 4	+ 25 cm	<i>Juncus</i> et <i>Carex</i> - 55 Phr. - 125	<i>Carex</i>	posé toit <i>Carex</i> et <i>Juncus</i>	<i>Juncus</i> - <i>Phragmites</i> - <i>Carex</i> - <i>Salix</i> à 6 m - <i>Lysimachia</i> - <i>Eupatorium</i> - <i>Iris</i> - <i>Spirea</i> - <i>Scrofularia</i> - <i>Cirsium</i> - <i>Convolvulus</i>	10 m env.	Phr. secs 6 Tot. noté 6
N° 5	+ 32 cm	<i>Juncus</i> - 25	<i>Juncus</i> secs et verts	posé toit de <i>Juncus</i>	<i>Phragmites</i> - <i>Juncus</i> - <i>Salix</i> à 5 m - <i>Eupatorium</i> - <i>Carex</i> - <i>Equisetum</i>	10 m env.	Phr. secs
N° 6		Toit - 15 Phr. - 150	<i>Juncus</i> secs et Phr. secs couchés		<i>Phragmites</i> - <i>Juncus</i> - <i>Eupatorium</i> - <i>Oenanthe</i> - <i>Galium</i> - <i>Lythrum</i> - <i>Mentha</i> - <i>Salix</i> à 7 m.	20 m env.	



Fig. 1. — Un Bruitant de roseaux mâle apporte une Odonate au nid.

Photo : C. et P. H. HENRY.

des compagnes fréquentes : *Salix*, *Lysimachia*, *Eupatorium*, *Lythrum*. La distance à l'eau libre est variable; le sol sous le nid est gorgé d'eau, mais jamais inondé. Les perchoirs utilisés pour l'arrivée au nid sont pratiquement toujours des *Phragmites* secs; les perchoirs sont des postes dominants ou semi-dominants.

Locustelle tachetée (tableau 2).

Ici encore les sites de nidification semblent choisis avec constance : Hauteur du nid variant entre 20 et 25 cm du sol; sol gorgé d'eau mais non inondé; hauteur du toit variant entre 25 et 70 cm; le support du nid est toujours formé par des *Juncus* accompagnés de *Phragmites*. Quant à l'environnement immédiat du nid, il correspond aux faciès à *Juncus* typique, de la phragmitaie. La présence de couloirs

naturels ou de travées dans la végétation dense, composée de plantes couchées par le vent et la neige, semble importante pour l'espèce qui les utilise pour se rendre au nid.

Remarque : Cette espèce ne niche pas exclusivement dans le marais. Certains couples peuvent s'établir dans les pelouses du versant ou en limite des cultures, dans la frange plus touffue des adventices.

Phragmite des joncs (tableau 3).

Pour cette espèce, nous nous garderons de tenter une description générale du milieu d'élection, le nombre de nids trouvés étant insuffisant. On peut cependant remarquer : L'absence de toit, le nid n'étant pas protégé par une couche de végétation sèche comme chez les deux espèces précédentes; la nidification est liée à la présence d'une végétation basse (0,80 à 1 m) mêlée de plantes montant jusqu'à 1,80 à 2 m, en densité variable. Ceci correspond à peu près au faciès à *Juncus* ou *Carex* de la phragmitaie.

Rousserolle effarvatte (tableau 4).

— La Rousserolle occupe dans notre marais, le faciès pauvre de la phragmitaie, avec le *Phragmites* à coefficient d'Abondance-Dominance élevé



FIG. 2. — Locustelle tachetée près de son nid. On remarquera les trois taches noires caractéristiques des locustelles, sur la langue des jeunes.

Photo : P. H. HENRY.

TABEAU 2

Nids	Hauteur par rapport au sol	Hauteur sous végétation	Substrat	Etablissement	Environnement	Dist. eau	Perchoirs
N° 1	+ 25 cm	— 40 cm (<i>Juncus</i>)	<i>Juncus</i> secs	posé dans <i>Juncus</i> secs toit de <i>Juncus</i> secs	<i>Juncus</i> — <i>Phrag.</i> <i>Lysimachia</i> — <i>Eupatorium</i>	6 m	Phr.
N° 2	+ 22 cm	— 70 cm (<i>Juncus</i>)	<i>Juncus</i> secs et verts	id.	<i>Juncus</i> — <i>Eupatorium</i> — <i>Phragmites</i> — <i>Salix</i>	+ 30 m	Phr. et Saules
N° 3	+ 20 cm	— 25 cm (<i>Juncus</i>)	<i>Juncus</i> secs et verts		<i>Juncus</i> . <i>Phrag.</i> <i>Lysimachia</i> — <i>Eupatorium</i> — <i>Convolv.</i> , <i>Mentha</i>	8 m	Phr. et Saules



FIG. 3. — Phragmite des jones nourrissant ses jeunes.
Photo : C. et P. H. HENRY.

et des compagnes en nombre réduit; la hauteur du nid est nettement supérieure à celle choisie par les espèces déjà citées (50 - 70 cm); le nid est toujours accroché.

Linotte mélodieuse (tableau 5).

Cette espèce, beaucoup plus ubiquiste que les précédentes, semble s'accomoder de milieux fort variés. Nous avons vu des couples construire : dans une cladiaie presque pure, près de la bordure côté marais, sur le versant, dans la phragmitaie à *Juncus*.

En 1970, la nidification dans ce marais a été constante pour les 5 à 6 couples observés.

Bouvreuil pivoine (tableau 6).

Le *Bouvreuil* est également une espèce nichant à peu près n'importe où. GÉROUDET le signale dans les vergers, les parcs, les cimetières, les bois feuillus ou mixtes de plaines... La nidification de cette espèce dans le marais semble très constante : elle fut constatée en 1969 (3 nids) et contrôlée en 1970 (4 nids).

Les milieux choisis par cet oiseau correspondent assez exactement au faciès pauvre de la phragmitaie, comme pour la *Rousserolle effarvatte*, mais avec des saules ou des frênes : les arbustes semblent appartenir constamment au site de nidification, soit qu'ils

TABLEAU 3

Nids	Hauteur par rapport au sol	Hauteur sous végétation	Substrat	Etablissement	Environnement	Dist. eau	Perchoirs
N° 1	+ 30 cm	- 160 cm	<i>Juncus</i> et <i>Carex</i> secs	posé	<i>Phr.</i> (4 - 5) <i>Carex</i> (1) <i>Juncus</i> (1) <i>Eupatoire</i> (1) <i>Lythrum</i> (1) <i>Mentha</i> (+) <i>Galium</i> (+) <i>Lysimachia</i> (+)	15 m	<i>Phr.</i> secs et verts
N° 2	+	- 70 cm	<i>Eupatoire</i>	posé	<i>Phr.</i> (1) <i>Carex</i> (5) <i>Lysimachia</i> (1 - 2) <i>Convolv.</i> (2) <i>Eupatoire</i> (1) <i>Iris</i> (+) <i>Solanum</i> (+) <i>Oenanthe</i> (+) <i>mentha</i> (+) <i>Galium</i> (+)	5 m	<i>Phr.</i> secs <i>Eupat.</i> <i>Salix</i>

TABLEAU 4

Nids	Hauteur par rapport au sol	Hauteur sous végétation	Substrat	Etablissement	Environnement	Dist. eau libre	sol
1	+ 65 cm	- 1,35 m	2 <i>Phrag.</i> 1 <i>Eupatoires</i>	accroché	Phragmitaie : faciès Pauvre à <i>Eupatoire</i>	20 m env.	Humide sans eau libre
2	+ 65 cm	- 1,40 m	2 <i>Phrag.</i> 1 <i>Eupatoires</i>	accroché	<i>Phragmites</i> (5) <i>Eupatoire</i> (+)	25 m env.	Gorgé sans eau libre
3	+ 55 cm	- 1,30 m à - 1,50 m	6 <i>Phrag.</i> 2 <i>Eupatoires</i>	accroché	<i>Phragmites</i> (5) <i>Juncus</i> (+) <i>Eupatoire</i> (1-2) <i>Carex</i> (+) <i>Cladium</i> (+)		Humide sans eau libre
4	+ 50 cm	- 1,30 m à - 1,50 m	<i>Phragmites</i>	accroché	<i>Phragmites</i> (5) <i>Juncus</i> (+) <i>Eupatoire</i> (2) <i>Galium</i> (+) <i>Equisetum</i> (+)	1 m	Humide sans eau libre
5	+ 71 cm	- 1,80 m	2 <i>Eupatoires</i> 1 <i>Phrag.</i>	accroché	<i>Phragmites</i> (5) <i>Eupatoire</i> (1-2) <i>Carex</i> (+) <i>Lysimachia</i> (+)	10 m	Gorgé sans eau libre

TABLEAU 5

Nids	Hauteur par rapport au sol	Hauteur sous végétation	Substrat	Etablissement	Environnement	Dist. eau	Situation Générale
1	+ 30 cm	- 40 cm	Herbes sèches et <i>Prunus</i>	posé	<i>Prunus-crataegus</i> <i>rosa</i> - graminées	100 m env.	Versant
2	+ 45 cm	- 25 cm	<i>Juncus</i> secs Toit de <i>Juncus</i>	posé	<i>Phr.</i> (3) <i>Juncus</i> (5) <i>Eupatoire</i> (+) <i>convolvulus</i> (1-2) <i>Lythrum</i> (+) <i>Lysimachia</i> (2)	1 m	<i>Phragmit.</i> S.1
3	?	?	?	?	<i>Phr.</i> (3-4) <i>Juncus</i> (4) <i>Carex</i> (+) <i>Salix</i> (1)	?	<i>Phragmit.</i> S.1

surmontent le nid qui est alors accroché directement aux phragmites, soit qu'ils lui servent de support.

Locustelle lusciniöide.

Cette espèce représentée en 1970, par 2 à 3 couples, n'a donné lieu qu'à peu d'observations, ses mœurs étant spécialement discrètes. L'emplacement

d'un nid a toutefois été bien localisé sans que le nid lui-même soit trouvé (3 contacts en une heure avec un adulte emportant un sac fécal). Ce site est constitué par une petite cladiaie-phragmitaie. Le nid devait se situer dans une zone dense à *Cladium*. La *Locustelle lusciniöide* serait donc la seule espèce à fréquenter la cladiaie pure. Signalons que LABITTE (1958) décrit des nids situés dans des touffes de « Laiche »

TABLEAU 6

Nids	Hauteur par rapport au sol	Hauteur sous végétation	Substrat	Etablissement	Environnement	Dist eau	Conditions sol
1	+ 50 cm	Pr. - 2 m Saulé - 3,50 m	Phr. secs	accroché	Saule (+) <i>Phragmites</i> (5) <i>Eupatoire</i> (+)	5 m	Sol très humide non inondé
2	+ 70 cm	Phr. - 1,80 m Saulé - 3,30 m	Phr. secs	accroché	id.	5 m	id.
3	+ 115 cm	- 1,80 m	Saule toit de <i>Caladium</i>	posé accroché	Saule (+) <i>Phragmites</i> (4-5) <i>Cladium</i> (3-4)	?	?
4	+ 170 cm	?	Frêne	posé accroché	<i>Phragmites</i> (5) <i>Eupatoire</i> (2-3) <i>Cladium</i> (+) Frêne (+)	?	Sol humide non inondé



FIG. 4. — Locustelle luscinoïde apportant à ses jeunes une Odonate et un Lépidoptère.

Photo : P. H. HENRY.

et de phragmites secs. Deux nids trouvés dans un marais voisin étaient situés dans des touradons de carex.

L'étude des caractéristiques des sites de nidification montre donc des différences parfois importantes entre les espèces présentes. Certaines d'entre elles (*Rousserolle effarvate* par exemple) montrent des exigences très précises, tandis que d'autres (*Bouvreuil*, *Linotte*) sont plus éclectiques dans leur choix.

Le problème reste cependant de savoir quelles sont les qualités de l'environnement recherchées. Des enregistrements de température au niveau des nids montrent par exemple qu'il n'y a pas de choix des sites en fonction des conditions thermiques, bien que celles-ci soient très variables dans le marais. Par contre, il apparaît nettement que ce sont les qualités même du support du nid qui interviennent, celles-ci devant avoir des caractéristiques variables en fonction de l'architecture et des dimensions spécifiques du nid.

A cet égard, nous constatons que plus le nid est cohérent, plus il est situé haut dans la végétation; au

contraire, plus sa structure est lâche et ses dimensions importantes, plus il est bas :

TABLEAU 7

Espèces	dimensions externes		hauteur par rapport au sol
	diamètre	hauteur	
<i>Locustelle luscinioides</i>	8-21 cm	9-11 cm	10-25 cm
<i>Locustelle tachetée</i>	12-15 cm	8-10 cm	20-25 cm
<i>Phragmite des Jongs</i>	9-12 cm	7-10 cm	25-30 cm
<i>Bruant des Roseaux</i>	9-10 cm	5 cm	25-40 cm
<i>Rousserolle effarvate</i>	9-10 cm	8-10 cm	50-70 cm

(Remarquons que seul le nid de la *Rousserolle effarvate* est accroché, les autres étant posés).

Dans cette optique, nous pouvons étudier la répartition des nids en fonction de la densité des supports et de leur hauteur. Quelques comptages ont été effectués sous certains nids :

— Sous un nid de *Locustelle tachetée* : 3 375 tiges/m².

— Sous deux nids de *Bouvreuil* : 1 539 tiges/m².

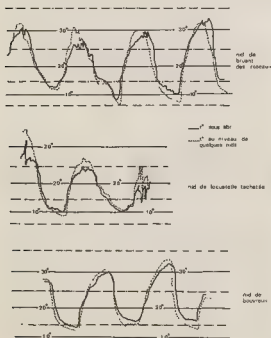


FIG. 5. — Conditions thermiques au niveau de quelques nids.

— Sous trois nids de *Rousserolle effarvate* : 1 358, 621 et 1 386 tiges/m².

— Sous deux nids de *Bruant des roseaux* : 2 835 tiges/m² et 1 773 tiges/m².

Le graphique suivant synthétise l'ensemble de ces données : en ordonnées, nous y trouvons les hauteurs de la strate supportant le nid; en abscisses, nous trouvons les densités de cette strate exprimées en nombre de tiges/m². Il montre une ségrégation statistique, variable selon les espèces inféodées à la phragmitaie (S.L.) pour le *Bruant des Roseaux*, la *Locustelle tachetée* et le *Phragmite des Jongs*, les valeurs de répartition moyennes sont séparées mais il y a recouvrement pour les valeurs s'éloignant de cette moyenne.

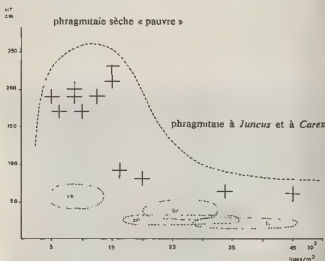


FIG. 6. — Ségrégation des sites de nidification en fonction de la hauteur et de la densité de la strate herbacée supportant le nid.

La recherche de qualités définies pour l'établissement du nid amène un isolement de type spatial. Ces qualités (densité et hauteur en particulier) assez spécifique des différents faciès végétaux (bien qu'il y ait, là aussi, recouvrement), permettent de dresser le tableau résumé suivant qui montre la séparation des sites de nidification en fonction de ces groupements ou de leurs qualités (tableau 8).

TABLEAU 8

Groupe ment	Élément de séparation dans un même faciès	Espèces inféodées
Cladiale	?	<i>Locustelle lusciniode</i> et parfois <i>Linotte mélodieuse</i>
Phragmitaie pauvre	Avec buissons Sans buissons	<i>Bouvreuil</i> <i>Rousserolle effarvatte</i>
Phragmitaie à <i>Juncus</i> et <i>Carex</i>	Travées naturelles. Haut. hauteur ? ?	<i>Locustelle tachetée</i> <i>Phragmite des Juncs</i> <i>Bruant des Roseaux</i> <i>Linotte mélodieuse</i>

spécifique ? Autrement dit, les oiseaux du marais exploitent-ils différemment les postes de chant potentiels offerts par le milieu ?

Notre travail porte à ce sujet sur les deux espèces dont les sites de nidification sont très voisins : le *Bruant des roseaux* et le *Phragmite des juncs*. Pour mettre en valeur un choix éventuel des postes de chant, nous avons noté également un certain nombre de perchoirs pris au hasard, mais sans aucune valeur sur le plan du comportement territorial.

L'ensemble des contacts obtenus est porté dans les deux tableaux ci-après, qui indiquent pour chacun d'eux la nature du support et son inclinaison par rapport à l'horizontale. La hauteur relative de l'oiseau sur son support a été également notée et figure sur les deux graphiques ci-après.

2.2. POSTES DE CHANT.

Les postes de chant indiquent qu'un territoire est occupé. Le choix de ces postes a-t-il un caractère

TABLEAU 9
Phragmite des Juncs

Inclinaison horizontale	Avec Chant					Sans Chant				
	Phr.	Saule	Arbres	Tiges sèches	Total	Phr.	Saule	Arbres	Tiges sèches	Total
+ 0-30°	0	6	6	0	12	1	7	11	0	19
+ 30-60°	0	6	3	0	9	4	4	1	0	9
+ 60-90°	33	12	3	2	50	51	12	5	0	68
- 0-30°	0	0	2	0	0	0	0	2	0	2
Total	33	24	12	2	71	56	23	19	0	98

TABLEAU 10
Bruant des Roseaux

Inclinaison/horizontale	Avec Chant					Sans Chant				
	Phr.	Saule	Arbres	Tiges sèches	Total	Phr.	Saule	Arbres	Tiges sèches	Total
+ 0-30°	7	10	2	0	19	3	9	1	1	20
+ 30-60°	21	2	1	0	24	9	6	7	2	24
+ 60-90°	17	6	0	0	23	135	10	5	2	152
+ 0-30°	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Total	45	18	3	0	66	147	26	19	5	197

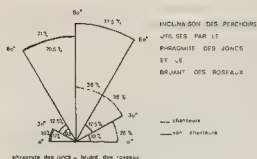


FIG. 7

1. — Inclinaisons du support.

Si nous faisons abstraction de la nature du support, le graphique ci-dessus traduit le pourcentage de contacts obtenus pour chaque classe d'inclinaison (il n'a pas été tenu compte des supports descendants, très peu nombreux d'ailleurs).

On constate que les pourcentages obtenus sont pratiquement identiques chez le *Phragmite des joncs*, avec ou sans chant; les postes sub-verticaux étant nettement préférés.

Par contre, chez le *Bruant des roseaux*, les différences chanteurs - non chanteurs sont significatives : les contacts sub-verticaux passent de 77,5 % (non chanteurs) à 36 % (chanteurs). On retrouve les 41,5 % dans les classes d'inclinaisons 30° — 60° et 0° — 30° qui gagnent respectivement 23,5 % et 18 %.

Le *Phragmite des joncs* ne semble donc pas choisir l'inclinaison de ses postes de chant qui font partie des perchoirs habituellement utilisés. Le *Bruant des roseaux* opère au contraire une sélection quant à l'inclinaison de ses postes de chant. Pour les perchages de chant, où l'oiseau reste à la même

place pendant plusieurs minutes, les supports sub-horizontaux sont recherchés; les supports sub-verticaux sont au contraire utilisés pour des perchages sans chant, c'est-à-dire des perchages brefs.

2. — Nature du support.

Les supports utilisés par ces deux espèces sont par ordre décroissant d'utilisation : *Phragmites communis*, Saules du marais, Arbres de la bordure, Tiges sèches du marais.

Qualitativement, ces postes sont de même nature, ce n'est donc que dans leur fréquence d'utilisation que nous pouvons trouver des différences.

Pour faire apparaître celles-ci nous avons tenu compte simultanément de deux critères : nature du poste et inclinaison.

En groupant les contacts obtenus sur les saules et les arbres de bordure d'une part, sur les tiges et les *Phragmites* d'autre part, nous obtiendrons des chiffres plus crédibles compte tenu du nombre total de contacts-chant notés (71 pour le *Phragmite des joncs*; 66 pour le *Bruant des roseaux*).

Ramenés en pourcentage ces chiffres donnent :

TABLEAU 11

Inclinaison	Arbres Saules		Phragmites Tiges sèches	
0°-30°	33 %	57 %	0 %	15 %
30°-60°	25 %	14 %	0 %	47 %
60°-90°	42 %	29 %	100 %	38 %
	Ph.	Br.	Ph.	Br.

Test significatif au seuil 0,95.

Pour éviter l'erreur due à la différence de détection liée au support, nous avons regroupé nos calculs de pourcentage en fonction de l'inclinaison sur un même type de support.

Les différences de pourcentages obtenues sont significatives en ce qui concerne les tiges sèches et *Phragmites*.

Pour ce qui est des arbres et saules, seule la classe d'inclinaison 0 — 30° fournit une différence significative.

Statistiquement, les oiseaux sont donc souvent séparés pendant le chant en fonction de deux qualités du support : sa nature et son inclinaison. La séparation n'est pourtant pas absolue, sauf peut-être pour certaines inclinaisons des *Phragmites* et Tiges sèches.

Un autre facteur de séparation possible reste à étudier : la hauteur de l'oiseau par rapport à la hauteur de son support.

3. — Hauteur relative de l'oiseau sur son support.

Ici encore, nous avons noté les hauteurs d'oiseaux non chanteurs, pour mettre en évidence un choix éventuel.

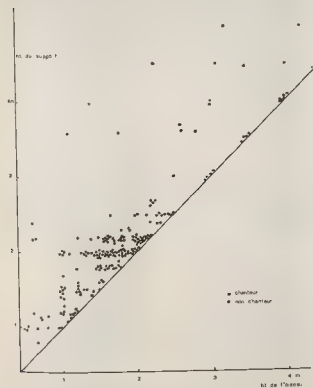


FIG. 8. — Hauteur relative du Bruant des roseaux sur son support.

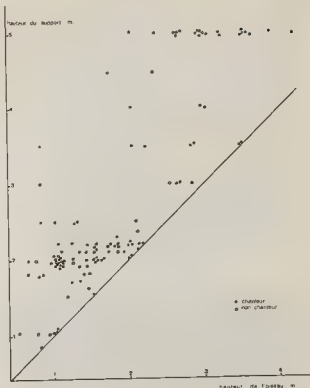


FIG. 9 — Hauteur relative du Phragmite des joncs sur son support

Les résultats obtenus sont portés sur les deux graphiques suivants. Chez le *Phragmite des joncs*, la dispersion des chanteurs est voisine de celle des non chanteurs, et comme pour l'inclinaison, nous ne constatons pas un choix du poste de chant. Chez le *Bruant des roseaux*, le choix est net et les points représentant les chanteurs sont groupés. La différence entre les deux modes d'exploitation apparaît clairement si nous exprimons en pourcentage le nombre de contacts obtenus pour chaque classe de hauteur relative exprimée arbitrairement en dixièmes de la hauteur totale du support.

Le graphique met clairement en valeur les deux modes d'exploitation de supports identiques, réalisés par nos deux passereaux.

Ces deux espèces, dont les caractères de l'habitat sont très voisins, semblent donc avoir différencié sur le plan éthologique deux modes d'exploitation diffé-

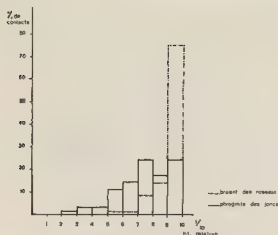


FIG. 10. — Hauteur relative des postes de chant Bruant des roseaux et Phragmite des joncs.

rents d'une même potentialité du milieu, d'autant plus que le *Phragmite des joncs* chante également au cours de ses vols nuptiaux. Tout se passe donc comme si ces deux espèces s'évitaient parfaitement au cours du chant : le *Phragmite des joncs* chante dans les parties basses de la végétation et au-dessus (vol nuptial) tandis que le *Bruant des roseaux* se localise étroitement sur les parties hautes de la végétation.

A ce facteur d'isolement, sans doute prépondérant, il convient d'ajouter celui qui résulte d'une sélection du poste de chant en fonction de sa nature et de son inclinaison. Le *Phragmite des joncs* semble chanter sans choisir l'inclinaison ou la nature de son poste; le *Bruant* choisit par contre, l'inclinaison : il ne chante longuement que sur des postes sub-horizontaux.

2.3. — ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS DU NID.

Oiseaux nicheurs du marais.

1. — *Bruant des Roseaux*. L'analyse détaillée de quatre nids a été faite après un démontage soigneux. Les éléments ont été classés : en fonction de leur nature quand cela était possible, en fonction de la

longueur par classes de 5 cm, en fonction du diamètre par classes de 1 mm.

Les résultats de ces analyses sont portés dans les tableaux en annexe; ils montrent une grande homogénéité dans la qualité des éléments choisis : ce sont presque toujours des éléments longs « cylindriques » dont la nature est variable : *tiges sèches*, *Juncus*, *Convolvulus*. Quelques éléments plats s'y ajoutent en faible quantité : feuilles de *Carex*, feuilles de *Phragmites*.

L'élément essentiel est le *Juncus* toujours présent, et même parfois, pratiquement seul constituant; exprimée en pourcentage, la proportion de *Juncus* est la suivante : nid n° 1 : 67 %; nid n° 2 : 97 %; nid n° 3 : 49 %; nid n° 4 : 61 %.

Les histogrammes des longueurs des éléments montrent également une homogénéité remarquable; la classe 0 - 5 cm a été séparée en deux; d'une part, les éléments voisins de 3 - 5 cm, et d'autre part, les éléments très petits, 1,5 cm et moins, provenant en partie du morcellement d'éléments plus gros. Ces petits éléments ont été comptés seulement pour les nids 1 - 3 - 4.

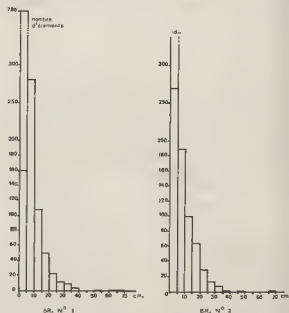


FIG. 11. — Histogrammes des longueurs des éléments utilisés par le Bruant des roseaux dans la construction du nid

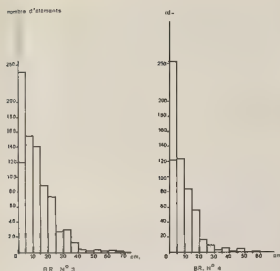


FIG. 12

La notion de courbe d'exploitation est donc très bien représentée par cet exemple. Ceci montre également que l'on peut pousser très loin l'analyse de la niche, car chaque espèce a une niche écologique unique, dans le sens où sa mosaïque particulière de possibilités est unique (MILLER, 1967).

2. — *Locustelle tachetée*. L'analyse porte sur trois nids; qualitativement, nous avons trouvé : 1) feuilles de *Phragmites*; 2) feuilles de *Carex*; 3) feuilles de *Saule*; 4) feuilles et tiges de *Juncus*; 5) tiges sèches indéterminées; 6) tiges de *Phragmites*; 7) mousses.

On remarque l'abondance d'éléments plats et la présence de mousses. Ces éléments proviennent pour la plupart du marais (n° 1 4 6), la mousse provient peut être de la bordure où elle est très abondante, mais elle peut également être prise dans le marais lui-même où elle existe en petite quantité.

3. *Locustelle luscinioides*. Le nid analysé, provenant d'un marais voisin, contenait essentiellement des feuilles de *Carex* plus quelques feuilles de *Phragmites* et de peuplier tremble. L'ensemble est donc constitué comme pour la *locustelle tachetée* d'éléments plats, ramassés, ici, aux environs du nid.

4. — *Phragmite des Joncs*. Deux nids ont été trouvés et analysés; leur composition est la suivante :

1) Tiges avec racines; 2) Fragments de tiges ligneuses; 3) Cocons; 4) Feuilles de *Carex*, *Phragmites* et *Juncus*; 5) Mousses.

La coupe interne est faite essentiellement d'inflorescences de *Phragmites*; les matériaux sont donc prélevés dans des zones de même nature que le territoire; on remarquera, comme caractère essentiel, l'abondance d'inflorescences de *Phragmites* constituant l'intérieur du nid.

5. — *Rousserolle effarvatte*. 4 nids ont été étudiés; nous y trouvons : 1) Mousses; 2) Inflorescences de *Phragmites*; 3) Tigelles indéterminées; 4) Cocons. Ici encore, les éléments proviennent surtout du marais; la coupe est constituée de panicules de *Phragmites*.

6. — *Linotte mélodieuse*. L'analyse de 3 nids donne : 1) Tiges de graminées; 2) Tiges de composées; 3) Inflorescences de graminées; 4) Inflorescence de *Phragmites*; 5) Tiges de *Juncus*; 6) Tiges de *Lysimachia* et fruits; 7) Bases de tiges de graminées avec racine; 8) Tiges de *Convolvulus* et fruits; 9) Feuilles de *Carex*; 10) Feuilles de *Salix*; 11) Feuilles de *Phragmites*; 12) Racines; 13) Duvets, poils, crins, quelques plumes.

Ces éléments très variés proviennent pour partie du marais, pour partie du versant. Certains nids du marais sont construits avec des éléments du versant, d'autres avec des éléments pris sur place.

7. — *Bouvreuil Pivoine*. Les nids trouvés contiennent tous les mêmes éléments spécifiques : branchettes extérieurement, et racines intérieurement. Deux de ces nids ont été analysés plus soigneusement, et les éléments mesurés et classés comme pour le *Bruant des Roseaux*. Les histogrammes de longueur des éléments, établis comme pour le *Bruant des Roseaux*, montrent également une homogénéité, en particulier pour les éléments souples (racines et tiges) (tableau en annexe).

Quelques oiseaux des marges du marais.

Il nous a semblé intéressant de noter quelques analyses de nids de la bordure ou des écotones qui la limitent.

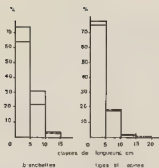


Fig. 13. — Analyse de deux nids de Bouvreuil pivoine.

1. — *Bruant Jaune*. — L'analyse est celle d'un nid situé dans l'écotone Bordure — Marais. Mais les coupes nicheurs sont plus habituellement inféodés au versant. Ce nid contenait : 1) mousse; 2) feuilles de *Carex*; 3) tiges ou feuilles de *Phragmites*; 5) branchettes; 6) feuilles de *Crataegus*; 7) tiges de *Convolvulus*; 8) tiges et feuilles de graminées. Ces éléments sont donc de provenance mixte marais-versant.

2. — *Pouillot Véroce*. Un nid situé dans l'écotone bordure-versant fournit cette analyse : 1) feuilles de *Quercus*; 2) feuilles de *Crataegus*; 3) feuilles de *Rosa* et non identifiés; 4) feuilles de *Phragmites*; 5) feuilles de *Carex*; 6) mousses; 7) plumes. Cette espèce

qui ne niche pas habituellement dans le marais a donc utilisé, au moins dans le cas de ce couple une majorité d'éléments de la phragmitaie.

3. — *Mésange à longue queue*. Analyse provenant d'un nid situé dans l'écotone Bordure-Marais : 1) lichens; 2) mousses; 3) inflorescences de *Phragmites*; 4) plumes.

A côté d'éléments traditionnels provenant de zones boisées (Bordure élargie au niveau d'un thalweg), on trouve des éléments propres au marais (*Phragmites*).

4) *Accenteur mouchet*. Analyse d'un nid situé dans l'écotone Bordure-Marais : 1) mousses; 2) pois; 3) branchettes; 4) feuilles de *Cladium*; 5) Tiges de *Lysimachia*; 6) racines et tiges graminées; 7) feuilles indéterminées; 8) tiges de *Convolvulus*; 9) feuilles de *Saule*. Ces éléments de provenance mixte sont donc très certainement ramassés dans les alentours du site de nidification.

Nous pouvons résumer ces quelques données qualitatives tant pour les oiseaux du marais que pour les quatre espèces des marges, dans un tableau où seront figurés :

- les emplacements des nids analysés (+),
- la provenance des matériaux (o→).

TABLEAU 12

	écotones					
	Versant	V.B.	Bordure	B.M.	Marais	M Cisse
Bruant des Roseaux					o → + ← o	
Locustelle tachetée			o		o → + ← o	
Phragmite des Juncs					o → + ← o	
Rousserolle effarvatte			o		o → + ← o	o
Bouvreuil Pivoine			o		o → +	
Linotte mélodieuse	o → + ← o				o → + ← o	
Bruant Jaune	o		o	→ + ←	o	
Pouillot Véroce	o	→ + ←	o		o	
Mésange, à longue queue			o	→ + ←	o	
Accenteur Mouchet			o	→ + ←	o	

Les oiseaux étudiés vont donc parfois chercher des éléments de leur nid, loin du site de nidification. Ces matériaux peuvent même être prélevés dans des zones n'appartenant pas au milieu de reproduction.

Nous constatons donc, vis-à-vis des différentes parties de la vallée, une dépendance plus ou moins étroite des Oiseaux nichant dans une seule de ces parties. L'étude des aires de recherche de la nourriture confirme cela (cf. ci-dessous).

Presque toutes les espèces nicheuses du marais sortent de leur milieu de nidification pendant au moins une phase de la période de reproduction. Il n'en serait peut-être pas de même si le marais étudié était plus étendu.

Les espèces dont l'activité est centrée sur le marais, satisferaient alors sans doute tous leurs besoins dans le milieu. Le marais étudié, à l'échelle des oiseaux peut donc être considéré comme un écotone.

Enfin, si quelques espèces montrent une exploitation très précise de certains matériaux, d'autres semblent utiliser des éléments plus variés; toujours est-il que chaque espèce possède une gamme de matériaux agencés spécifiquement.

2.4. — RÉGIMES ALIMENTAIRES. AIRES DE RECHERCHE DE LA NOURRITURE.

Le régime alimentaire est un élément très important de la niche. Sa connaissance, pour les petits passereaux est malheureusement très difficile à acquérir totalement. Cependant, nous verrons qu'il est possible de s'en faire une image assez exacte par des moyens indirects et complémentaires. De plus, nous intéressant aux mécanismes d'isolement, la connaissance qualitative des proies capturées n'est pas toujours indispensable dans le cas où nos oiseaux possèdent des aires de chasse bien définies et spatialement séparées.

Position trophique des passereaux nicheurs du marais.

La classification adoptée repose sur la nourriture apportée aux jeunes, et est basée sur nos observations et les données de la littérature (NEWTON, 1967, GÉROUDET, 1953-1957).

Nous distinguerons les catégories trophiques suivantes dans lesquelles nous pouvons ranger nos passereaux, en période de reproduction, selon le schéma :

1. — *Insectivores stricts* : *Phragmite des Joncs*; *Locustelle tachetée*; *Locustelle luscinioides*; *Roussette effarvate*; *Traquet pâle*.
2. — *Insectivores non stricts* : (une partie du régime est composée de graines) : *Bruant des Roseaux*.
3. — *Granivores non stricts* : (une faible part du régime est composée d'insectes) : *Linotte mélodieuse* et *Bouvreuil pivoine*.

Méthode de chasse : Etude théorique et observation sur le terrain.

La notion d'indice d'appétence (VALVERDE, 1964) nous laisse penser qu'une étude détaillée des possibilités de chaque espèce est en rapport étroit avec les proies capturées.

L'ajustement morphologique au type de proie capturée est fonction, en particulier de la longueur du bec et de la longueur des ailes, relativement au poids. Un bec long et étroit autorise la capture de proies petites, au contraire, un bec large et court, donc fort, autorise un régime constitué par des graines dures ou des proies de grande taille.

D'autre part, les ailes longues, relativement au poids de l'oiseau, permettent une plus grande agilité dans l'air, et donc la capture active des proies volantes.

Deux caractères des proies sont *a priori* importants : la taille et la mobilité, en rapport avec deux caractéristiques morphologiques de l'oiseau : longueur du bec et des ailes.

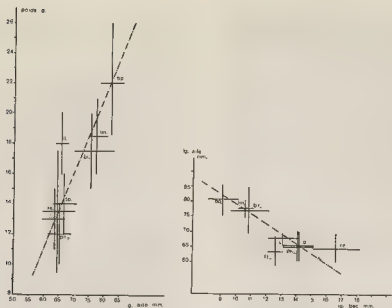


FIG. 14. — Corrélations poids-aile et aile-bec chez quelques passereaux d'une Phragmitaie.

bp. : Bouvreuil pivoine; lm. : Linotte mélodieuse; ll. : Locustelle luscinoïde; br. : Bruant des roseaux; tp. : traquet pâle; re. : Rousserolle effarvée; li. : Locustelle tachetée; phj. : Phragmite des joncs.

Pour ce qui est des passereaux nicheurs du marais, nous pouvons exprimer, par exemple, la longueur de l'aile en fonction du poids (1). Nous constatons une forte corrélation positive ($r \neq 0,83$). Cependant certaines espèces s'éloignent de la moyenne :

— Le *Phragmite des Joncs* par exemple, est relativement léger par rapport à la longueur de ses ailes; il est donc relativement plus agile dans la strate aérienne que les autres espèces.

— La *Locustelle luscinoïde*, au contraire est plus lourde par rapport à la longueur de ses ailes. Elle est donc relativement moins agile.

— Le *Bruant des Roseaux* se rapproche du *Phragmite des Joncs* par son poids relativement faible vis-à-vis de la longueur de ses ailes.

Les observations sur le terrain confirment très nettement ces constatations théoriques : le *Bruant*

des Roseaux chasse très souvent au vol, en poursuivant ses proies, au besoin.

Le *Phragmite des Joncs* opère un peu de la même façon mais moins régulièrement pour les grandes proies. Par contre, il chasse souvent les petites proies de cette façon.

Quant à la *Locustelle luscinoïde*, elle chasse à terre et dans la végétation basse. Un couple a pu être observé dans de bonnes conditions sur un marais voisin de celui qui fait l'objet de ce travail. Les oiseaux parcouraient « à patte » la vase molle, récemment émergée entre les touradons de carex, chassaient dans les touffes de carex, etc... jamais nous ne les avons vu chasser au vol.

Si nous envisageons maintenant la longueur du bec en fonction de la longueur des ailes, nous constatons une corrélation négative forte ($r \neq 0,81$). Pour nos passereaux, plus le bec est long, plus les ailes sont courtes. Certaines espèces s'écartent encore de la moyenne :

— La *Rousserolle effarvée* possède un bec très long, relativement à la longueur de ses ailes. Ceci

(1) En réalité, la longueur de l'aile est une fonction du Log. du Poids, au moins chez les Passereaux (HENRY, à paraître). Cependant, sur une petite gamme de poids (12 à 22 g) on peut accepter l'approximation faite ici.

serait donc à considérer comme une adaptation à la capture de proies de petite taille; compte tenu d'une capacité moyenne de capture de vol, on doit conclure que l'oiseau happe des proies petites, volantes ou posées (bec long) perché dans la végétation, en se déplaçant rapidement de perchoir en perchoir (ailes). Ceci est confirmé par les observations sur le terrain (cf. ci-dessous).

— La *Locustelle tachetée* possède un bec relativement court; l'oiseau ayant des caractères d'adaptation moyens à la poursuite, on peut en conclure que les proies sont prises sans poursuite, et qu'elles sont de taille relativement grande. Là encore, l'observation sur le terrain confirme cette hypothèse (cf. ci-dessous). L'oiseau chasse dans les buissons du versant et la végétation du marais. Nous ne l'avons jamais vu chasser au vol. Les proies apportées sont souvent non volantes (chenilles); les proies volantes sont sans doute capturées au repos.

— *Bruant des Roseaux*: très proche, sur ces deux graphiques, des espèces granivores, cet oiseau est intéressant car les observations sur le terrain confirment le caractère intermédiaire du régime; ses adaptations à la poursuite en vol sont assez nettes; le bec court et robuste permet la capture de proies de grande taille (cf. ci-dessous): odonates, éphémères... Mais l'oiseau apporte également à ses jeunes, des éléments végétaux: grains de blé en particulier.

— *Traquet Pâtre* et *Phragmite des Joncs* semblent posséder des caractères identiques en ce qui concerne le bec par rapport à la longueur des ailes. Cependant, ils sont séparés par leur poids: le *Traquet* plus lourd est donc moins agile que le *Phragmite*. L'étude sur le terrain montre que le *Traquet* capturerait essentiellement des proies assez grandes et à vol relativement lent (hyménoptère...) alors que le *Phragmite* attrape des insectes très petits à vol rapide (diptères), et des insectes très grands (odonates, éphémères...)

Pour ces deux espèces, les différences ne sont pourtant pas totalement élucidées. Mais le *Traquet pâtre* n'a été représenté que par un seul couple en 1970. Il n'est donc pas très typique de ces zones humides.

— La *Locustelle luscinioides* possède des caractères moyens. Compte tenu de son poids élevé, l'hypothèse développée plus haut, assez bien confirmée par l'observation, semble donc la plus probable.

— Quant au *Bouvreuil* et à la *Linoite*, leurs caractères sont à tous points de vue, moyens et n'autorisent certainement pas une chasse très active. Les deux espèces sont d'ailleurs essentiellement granivores en période de reproduction.

L'étude théorique des possibilités de chasse paraît donc être intéressante en ce qui concerne la connaissance de l'isolement écologique, car elle se trouve confirmée dans la plupart des cas, par l'observation sur le terrain.

La sélection des proies se fait en fonction d'au moins deux caractères essentiels de l'oiseau: longueur du bec et des ailes; ces deux caractères permettent la prise de proies dans certaines limites liées à deux caractères de celles-ci: taille et mobilité.

Aucune des espèces nicheuses ne possède les mêmes possibilités de chasse; on peut admettre une séparation des niches alimentaires avec chevauchement partiel dans certains cas.

Il reste cependant à voir si les proies potentielles contenues dans les terrains de chasse de ces espèces, correspondent aux constatations déjà faites.

Proies réelles; proies potentielles.

Nous avons envisagé l'étude des régimes alimentaires sur le terrain, de deux façons:

— par l'étude des proies potentielles présentes dans les terrains de chasse, c'est-à-dire: comptage et classification de tout ce qui peut être capturé par un piège donné (plateaux colorés, dans le cas présent. Pour ce qui est des modalités d'utilisation, voir ROSTH (1966) et BLONDEL (1969);

— par l'étude des proies réelles, apportées aux jeunes: photographies des adultes arrivant au nid, et observation directe dans les cas favorables.

1. — *Rousserolle effarvatte.*

Les oiseaux chassent autour du nid dans un rayon de 30 à 40 mètres. Ils attrapent les insectes, en

circulant de tige en tige, entre 0,50 et 1,50 m de hauteur environ.

Les piègeages ont été effectués par conditions météorologiques favorables, à 5 mètres du nid. Les résultats obtenus sont figurés dans le tableau suivant :

TABLEAU 13

Hauteur du piègeage	0,40 m et 0,60 m		1,20 m et 1,80 m	
Taille des proies en mm	0 - 5	5 - 10	0 - 5	5 - 10
Diptères	147	56	145	34
Hyménoptères	5	—	7	6
Coléoptères	6	—	19	—
Lépidoptères	—	1	1	1
Hétéroptères	—	—	1	—
Homoptères	1	—	4	—
Aranéides	1	—	—	—

26-27 juin 1970 — durée du piègeage 24 heures — 4 plateaux.

Les proies volantes de petite taille (0-5 mm) sont donc, sur terrain de chasse, très largement prédominantes (80 % et 70 %).

Compte tenu des possibilités de chasse spécifiques de cet oiseau (voir plus haut) la forte proportion de proies de cette qualité est d'autant plus remarquable.

La Rousserolle effarvate chasse dans une zone où l'effort de chasse par rapport à ses adaptations

et à la qualité des proies potentielles, est minimum. Ceci nous ramène à l'indice d'appétence de VALVERDE, déjà mentionné.

2. — *Phragmite des Joncs*.

Cette espèce a pu être observée pendant une dizaine de jours jusqu'au départ des jeunes.

Le nourrissage au nid, mérite d'être divisé en deux périodes :

1° du premier au 5^e-6^e jours, les parents couvrent les jeunes en se relayant et chassent en général près du nid, parfois même sans quitter les jeunes, l'adulte happant les petits insectes passant à sa portée au-dessus du nid. Il n'est pas rare, pendant cette période, que l'un des parents apportant des proies les donne à l'adulte qui couvre les jeunes, ce dernier les redistribuant ensuite, en plusieurs fois, aux poussins situés sous lui.

2° du 5^e-6^e jour au départ des jeunes, les parents ne couvrent plus les poussins et chassent en s'éloignant beaucoup plus du nid. Les proies apportées alors sont généralement plus grandes; nous avons pu mettre en évidence, par photographie, les proies suivantes : odonates, éphémères, tipules, chenilles, nymphes ou pupes.

Des proies plus petites, identiques à celles qui sont apportées pendant la première phase du nourrissage sont encore prises à l'occasion.

Un piègeage a été effectué sur la zone de chasse, près du nid; les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

TABLEAU 14

Hauteur du piègeage	0,60 m et 0,80 m		1 m et 1,20 m		
Longueur des proies en mm	0 - 5	5 - 10	0 - 5	5 - 10	10 - 15
Diptères	127	32	168	61	2
Hyménoptères	4	2	3	16	—
Lépidoptères	6	—	1	—	—
Trichoptères	1	—	—	—	1
Homoptères	4	—	9	—	—
Coléoptères	1	—	25	—	—
Aranéides	2	—	2	—	—

Nous constatons un échantillonnage de proies très voisin de celui fait sur l'aire de chasse des *Rousserolles effarvates*; les deux espèces ont très certainement à cette période, des régimes voisins. Pour le *Phragmite des Joncs*, les proies ne semblent pas correspondre exactement à ses capacités. Mais, ce n'est là qu'une période de nourrissage; la 2^e période correspond beaucoup mieux aux adaptations de cette espèce. De plus, les deux espèces sont bien séparées par le choix de leur site de nidification; il ne saurait donc y avoir compétition à ce niveau.

Certains *Phragmites* chassent en lisière des cultures; nous avons donc piégé dans ces zones; pour établir une comparaison, nous avons piégé en même temps sur le versant :

le terrain : bec peu spécialisé qui autorise cette gamme étendue de proie (contrairement à la *Rousserolle* au bec très spécialisé, et capturant plus rarement des grosses proies), ailes assez longues lui permettant la chasse au vol.

3. — *Bruant des Roseaux*.

Par photographie des adultes nourrissant les jeunes, nous avons inventorié les éléments suivants : Ephéméroptères, Trichoptères, Odonates, Plécop-
tères, chenilles et Lépidoptères adultes, Hémiptères, cocons ou nids d'Aranéides ? Grains de blé.

10-11 juillet 1970 — durée du piégeage 24 h — 4 plateaux.

TABEAU 15

Proies . long (mm)	Versant (sommets)				blés (10 et 20 m du bord)				blés (30 et 40 m)			
	0-5	5-10	10-15	+ 20	0-5	5-10	10-15	+ 20	5-10	10-15	15-10	+ 20
Indéterminées	17				3							
Homoptères	4											
Hétéroptères					1							
Coléoptères	5			1	14	1			9			
Diptères	22	17	3		135	56	1		122	40		
Hyménoptères	5	5	3		3				2			
Aranéides	4	3			1	2			2	1		
Total	57	25	6	1	157	59	1		135	41		

durée du piégeage = 24 heures (3 fois 4 plateaux).

Ce tableau montre que les cultures se distinguent nettement du versant, quant aux proies potentielles qu'elles offrent; par contre, elles se rapprochent étroitement de la phragmitaie. Il n'est donc pas surprenant que le *Phragmite des Joncs* y chasse.

Cette espèce apparaît donc comme ayant une gamme étendue de proies. Elle est capable de capturer des proies très petites (0-5 mm) dans la phragmitaie ou les cultures, mais aussi des proies de grandes taille (20 mm et plus). Ses possibilités théoriques correspondent assez bien aux proies constatées sur

Quant aux adultes, nous les avons vu consommer : des Ephéméroptères, des Odonates, des nids d'Aranéides.

Beaucoup des proies plus petites restent malheureusement non identifiées par ce procédé photographique.

4. — *Locustelle tachetée*.

L'espèce a apporté au nid : des chenilles, des Lépidoptères adultes (Hétérocères), des Orthoptères et sans doute également des Mollusques.

5. — *Locustelle lusciniode*.

Le couple observé sur un marais voisin a permis de mettre en évidence les proies suivantes :

— insectes très petits : Fourmis et Staphylins;
— insectes de grande taille : larves et Lépidoptères, larves d'Odonates, Odonates et Lépidoptères adultes (1).

A l'examen de ces résultats, nous ne pouvons que constater certaines analogies dans les proies apportées aux jeunes, dans quelques cas :

— analogie des régimes du *Phragmite* et de la *Rousserolle* pendant une partie du nourrissage;
— analogie des régimes en fin de nourrissage entre *Phragmite* et *Bruant des Roseaux*.

Ceci nous amène à penser que, dans ces cas, l'isolement n'est pas tant à rechercher dans les proies que dans les lieux où celles-ci sont capturées. D'ailleurs, il semble bien que les proies soient toujours surabondantes pendant la période de reproduction des oiseaux, sous nos latitudes. La nourriture ne serait donc pas en elle-même un facteur de compétition inter-spécifique; la séparation des niches alimentaires par spécialisation serait une adaptation à long terme, renforçant l'isolement des différentes espèces (BLONDEL, comm. pers.).

Aires de recherche de la nourriture.

L'étude porte sur les aires de chasse des adultes en période de nourrissage des jeunes.

1. — *Locustelle tachetée*.

Les allées et venues des adultes de deux nids situés dans ce marais ont été suivies. Les résultats sont groupés dans le tableau suivant (tableau 16).

(1) Pour plus de détails sur les deux Locustelles, voir HENRY (à paraître).

TABLEAU 16

	Contacts certains	Direction prise à l'envol du nid
Phragmitaie	11	7
Bord de Cisse Bord de Ruisseau	11	
Bordure	0	29
Versant	7	
Cultures	0	0

Nous retiendrons donc pour cette espèce un partage des zones de chasse en deux groupes :

— *Phragmitaie* à *Juncus* ou *Carex*, avec peut être une prédilection pour les zones bordant l'eau libre.

— Le versant : buissons du sommet et pelouse. Il est à noter que les 29 contacts « Bordure ou Versant » sont certainement pour l'essentiel des contacts réels « Versant ».

2. — *Bruant des Roseaux*.

La carte jointe indique les destinations de ces oiseaux au départ de 13 nids localisés. Elle montre nettement deux zones fréquentées : le bord de la Cisse et les parties centrales de cultures. La chasse dans l'une ou l'autre de ces zones semble dépendre de la météorologie, qui agit sur l'activité des proies; par temps ensoleillé, sans vent, la chasse se fait au vol, sur la Cisse; au contraire, par temps pluvieux ou venteux, les oiseaux vont plutôt dans les cultures, où ils chassent sans doute à terre.

3. — *Phragmite des Joncs*.

Nous avons déjà mentionné différentes zones de chasse : environs du nid et lisière des cultures (il est notoire que le *Bruant des Roseaux* et le *Phragmite des Joncs* ne se rendent pas du tout aux mêmes endroits dans les zones cultivées : le *Phragmite* dépasse rarement 10 à 20 mètres à l'intérieur du

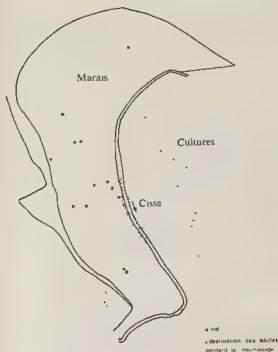


FIG. 15. — Zones de chasse du Bruant des roseaux.

champ, alors que le *Bruant* va souvent très loin : de 40-50 m à plusieurs centaines de mètres). De plus le *Phragmite des Joncs* y chasse très certainement le long des tiges.

Les zones de chasse de ces deux oiseaux sont donc bien séparées.

4. — *Rousserolle effarvate*.

L'ensemble des observations faites sur deux nids montre une chasse active autour du nid, jusqu'à 30 mètres environ de celui-ci, quelles que soient les conditions météorologiques.

5. — *Locustelle luscinioides*

Elle semble également chasser autour du nid, mais dans un rayon sensiblement plus grand (50-60 mètres fréquemment).

6. — *Traquet pâle*.

Le seul couple nicheur en 1969 et 1970 chassait au-dessus de la cariçaie et de la Cisse.

La connaissance des terrains de chasse nous semble être capitale pour apprécier l'isolement des différentes espèces étudiées. Il est en effet remarquable de constater que des espèces dont les régimes sont voisins, au moins à une certaine période, chassent dans des zones nettement séparées. Là encore, l'isolement est de type spatial; il ne faut cependant pas négliger les différences d'aptitudes à la chasse, qui interviennent en renforçant l'isolement, dans le cas où les aires de chasse sont voisines. En définitive, si nous tenons compte, à la fois des capacités de chaque espèce, donc des méthodes de chasse et des proies, et de l'endroit où ces espèces chassent, nous constatons un isolement assez rigoureux.

2.5. — EXISTE-T-IL UN ISOLEMENT BASÉ SUR LE TEMPS ?

Chaque espèce d'oiseau a une période de nidification dont les limites temporelles sont déterminées par l'action conjuguée de facteurs appartenant à deux ensembles.

1) Ensemble des facteurs dits fondamentaux (« ultimate factors ») qui, par sélection naturelle ont conduit les oiseaux à se reproduire à une période où ils pouvaient nourrir le maximum de jeunes.

2) Ensemble des facteurs immédiats (« proximate factors ») qui déterminent les dates réelles de commencement et de fin de la période de reproduction. Ce sont ceux qui déclenchent les processus physiologiques et éthologiques de la reproduction.

Cette période de reproduction s'étale sur environ quatre mois; mais nous verrons que ces quatre mois se partagent d'une façon variable selon les espèces peuplant le marais. Aussi sera-t-il important d'envisager maintenant l'isolement possible résultant d'une

désynchronisation, même partielle dans les activités de reproduction.

KLOPPER (1962) signale que la compétition peut être diminuée par décalage des périodes de reproduction, ce qui a été vérifié pour beaucoup d'espèces de Passereaux, en Amérique du Sud.

Phases de reproduction. La période de reproduction a été divisée en plusieurs étapes, dont nous retiendrons ici les principales manifestations dans le milieu étudié : 1) Pariade et accouplement; 2) Construction du (ou des) nid (s); 3) Ponte; 4) Couvaison; 5) Nourrissage des jeunes.

Ensuite une séquence analogue se déroule, puis une troisième, éventuellement. (Nos observations ont été arrêtées le 20 juillet, avant que toutes les espèces aient fini de nicher.)

Nous avons essayé de reconstituer, à partir de nos observations et de la durée moyenne de chacune de ces étapes, le déroulement de la reproduction durant le printemps et l'été 1970, pour les petits passereaux du marais et quelques passereaux du versant et de la bordure.

Le nombre de couples ayant donné lieu à des observations est variable selon les espèces :

— Traquet Pâtre	1-1
— Bruant des Roseaux	4-5
— Linotte mélodieuse	3-3
— Bouvreuil Pivoine	3-1
— Phragmite des Joncs	4-3
— Locustelle tachetée	2-0
— Rousserolle effarvatte	2-0
— Locustelle luscinioides	0-1

(1^{er} chiffre = 1^{re} couvée — 2^e chiffre = 2^e couvée.)

Ces couples correspondent à une aire d'étude d'environ 1/3 du marais.

Nous donnons sur les graphiques suivants les durées de la ponte et du nourrissage au nid, uniquement pour les passereaux du marais.

Plusieurs constations s'imposent :

— il n'y a pas deux espèces se reproduisant rigoureusement au même moment, dans le marais. Il en résulte un étalement assez régulier des périodes de nourrissage, moins régulier des dates de pontes;

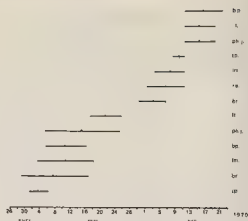


FIG. 16. — Chronologie des pontes chez quelques Passereaux d'une phragmitaie.

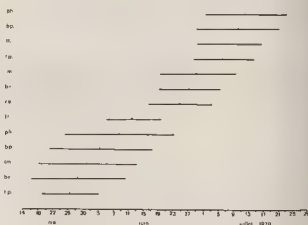


FIG. 17. — Chronologie partielle du nourrissage au nid chez quelques Passereaux d'une phragmitaie.

— le temps pendant lequel la reproduction est possible, compte tenu des conditions du milieu, semble être exploité au maximum, c'est-à-dire dans sa totalité, mais avec un chevauchement important entre espèces;

— le problème de l'origine de cet étalement reste posé; il n'empêche que cette ségrégation dans le temps peut être considérée comme un moyen supplémentaire isolant partiellement les espèces nicheuses dans un même milieu.

Si nous portons sur un graphique les dates de ponte et le poids moyens des oiseaux pour lesquels nous avons des informations suffisantes (ensemble des

espèces du marais, de la bordure ou du versant), nous constatons une relation linéaire assez nette. Le coefficient de corrélation calculé pour les espèces entourées sur le graphique est positif ($r = 0,82$). Il semblerait donc que cet étalement des dates de ponte soit en rapport avec le poids des oiseaux, ceux-ci nichant d'autant plus tôt qu'ils sont petits. Bien entendu, cette relation n'implique pas un lien de causalité entre les deux paramètres étudiés; un grand nombre de facteurs du milieu agissent très certainement sur le déclenchement de la reproduction. En rapport avec le poids, on peut avancer comme facteur possible, la quantité de nourriture disponible.

On sait en effet, que la quantité de nourriture nécessaire est d'autant plus grande, relativement au poids de l'organisme, que celui-ci est petit. Mais d'autres facteurs, tels que la taxonomie ou le comportement migratoire peuvent sans doute agir.

Il reste donc à vérifier sur plusieurs années et dans d'autres milieux, l'étalement des dates de reproduction, en relation avec les fluctuations de la quantité de nourriture disponible dans ces milieux.

Dans l'état actuel de notre travail, nous pouvons admettre au moins comme hypothèse de travail, que les dates de ponte se font dans l'ordre des poids croissants, les oiseaux dans un même milieu se reproduisant selon plusieurs séquences successives. Les conditions du milieu viennent limiter ces séquences de reproduction. En particulier, la 1^{re} séquence n'est représentée que par des organismes relativement lourds, les plus petits passereaux ne pouvant pas entreprendre de nichées dans les conditions réalisées à cette période (1).

Nous avons été amené à étudier dans ce travail différents facteurs capables d'assurer un isolement écologique des différentes espèces de petits passereaux fréquentant une vallée

Le milieu étudié, isolé au milieu des terres cultivées du plateau de Beauce, reçoit au printemps et en été, environ 30 espèces de passereaux nicheurs,

(1) Insistons sur le fait que ces considérations ne constituent que des hypothèses : le calendrier exact de nidification de chaque espèce est fort difficile à établir; des perturbations le modifient : pontes de remplacement, par exemple.

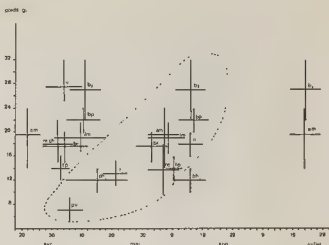


FIG. 18. — Rapports poids-date de ponte pour quelques Passereaux fréquentant le même milieu.

V : Verdier; bj : Bruant jaune; am : Accenteur mouchet; mch : Mésange charbonnière; pv : Pouillot véloce; pour les autres, voir graphique n° 14.

coexistant à cet endroit. Les espèces se répartissent en différents groupes exploitant particulièrement l'un des trois milieux de la vallée : versant, bordure ou marais.

Nous avons limité notre travail aux passereaux nicheurs du marais.

Le tableau joint donne un résumé des différents éléments de la niche de ces oiseaux, montrant comme ces éléments s'ajoutent pour réaliser un isolement écologique assez complet (tableau 17).

Les différents mécanismes d'isolement mis en évidence sont de nature :

— spatiale (sites de nidification, aires de recherche de la nourriture...);

— éthologique (poste de chant, méthodes de chasse... ;

— temporelle (phases de reproduction).

Ces trois mécanismes pris isolément, n'amènent jamais un isolement absolu, mais leur combinaison réduit très certainement d'une façon considérable la probabilité de compétition entre les différentes espèces du marais. En effet, la compétition interspécifique directe peut apparaître quand deux espèces ayant le même besoin se trouvent au même

TABLEAU 17

<i>Espèces</i>	<i>Habitat</i>	<i>Site de nidification</i>	<i>Lieux de recherche de la nourriture</i>	<i>Position trophique</i>	<i>Méthodes de chasse</i>
<i>Bouvreuil</i>	Phragmitaie pauvre avec buissons	Isolément basé sur la hauteur	?	GRA. ins.	?
<i>Rousserolle effarvatte</i>	Phragmitaie pauvre, Buissons facultatifs	et la densité de la végétation	Phragmitaie pauvre autour du nid	INS.	de phragmite à phragmite ; proies très petites en général
<i>Traquet patre</i>	Caricaie	?	Caricaie	INS.	au vol, proies moyennes
<i>Bruant des Roseaux</i>	Phragmitaie à <i>Carex</i> et à <i>Juncus</i>	Isolément basé sur la hauteur du nid	Cisse, centre des cultures	INS. gra.	au vol ; grandes proies ; et à terre
<i>Phragmite des joncs</i>		et la densité de la végétation	Lisière des cultures phragmitaie	INS.	au vol, et dans la végétation basse ; proies petites et grandes
<i>Locustelle tachetée</i>	Id. avec travées naturelles		Versant-Caricaie	INS.	dans les buissons et à terre, proies peu mobiles
<i>Linotte mélodieuse</i>	Phragmitaie à <i>Juncus</i> ou <i>Cladiaie</i>	?	?	GRA. ins.	?
<i>Locustelle Luscinoïde</i>	Cladiaie	?	Cladiaie et Phragmitaie autour du nid	INS.	à terre et dans la végétation basse ; proies très petites et très grandes.
<i>Type d'isolement</i>	Spatial	Spatial	Spatial		éthologique

endroit, en même temps, pour le satisfaire de la même manière. Les mécanismes d'isolement ne font que réduire la probabilité de réunion de ces trois paramètres de besoins identiques.

La possibilité de compétition subsiste donc mais avec une probabilité très faible.

Le milieu étudié, remarquable par ses potentialités très nuancées mais peu étendues abrite une avifaune riche. L'isolement de ces espèces ne peut donc se réaliser d'une façon très stricte. On n'observe pas ici, d'une façon générale, de cloisonnement absolu. C'est plutôt par la superposition de facteurs spatiaux, temporels et éthologiques, insuffisants s'ils sont pris séparément que se réalise un isolement global, réduisant considérablement, mais sans jamais l'annuler, la probabilité d'une compétition interspécifique.

Par ce fait, nous nous trouvons certainement ici devant un exemple intéressant d'utilisation quasi optimale des qualités du milieu par des espèces d'oiseaux. Remarquons toutefois, que cela n'est possible, que parce que plusieurs espèces trouvent à l'extérieur du marais et même de la vallée, une partie de leur nourriture.

Si nous examinons le sens des rapports entre le milieu et les populations nicheuses d'oiseaux étudiés, nous devons reconnaître que les facteurs d'isolement mis en évidence semblent parfois gratuits : *Bruant des Roseaux* et *Phragmite des Joncs* utilisent des postes de chant de même nature, mais d'une façon différente; cet isolement paraît bien inutile si l'on considère le très grand nombre de postes potentiels identiques, présents dans le milieu. De même, nous avons vu que les matériaux utilisés dans la construction du nid sont parfois très différents; cer-

taines courbes d'exploitation sont même très caractéristiques (*Bruant des Roseaux*...). Même si tous les oiseaux présents utilisaient exactement les mêmes matériaux, il y aurait de quoi satisfaire des populations beaucoup plus importantes que celles observées.

Ceci amène à penser que les mécanismes d'isolement n'apparaissent pas exclusivement pour des biens du milieu devenant rares. Nos espèces sont isolées dans l'utilisation de biens du milieu surabondants. C'est donc que la compétition peut intervenir, même dans le cas de ces facteurs surabondants. Cette constatation nous ramène à ce que nous disions plus haut : la compétition interspécifique est un phénomène permanent, affecté d'une probabilité de réalisation très faible, quand deux espèces sont isolées. Nous retrouvons là le schéma proposé par SYARDSON (1949), exprimant l'antagonisme entre deux forces sélectives : une population répond souvent à une compétition interspécifique en devenant plus efficace dans l'exploitation de sa propre niche, qu'elle tend à resserer; la compétition intraspécifique s'oppose à cette tendance, en incitant la population à élargir les dimensions de sa niche (« niche space »).

D'autre part, nous constatons que chaque mécanisme d'isolement trouve son origine dans certaines propriétés anatomiques, morphologiques ou éthologiques des oiseaux. C'est le cas, par exemple, pour les méthodes de chasse et le choix des postes de chant. La position du nid elle-même c'est-à-dire le site de nidification, est certainement également sous la dépendance d'un comportement conduisant à donner au nid, une architecture plus ou moins lâche et volumineuse. Il est même probable que l'isolement temporel résulte en partie d'une propriété spécifique : le poids des organismes.

Une remarque reste à faire, pour terminer; les biens du milieu utilisés par ces oiseaux sont presque toujours surabondants, que ce soient les postes de chant, les matériaux du nid, ou même la nourriture. Dans ce cas, on voit mal quel est le facteur (ou les facteurs) qui limite(nt) l'abondance des espèces. DICE (1952) remarque que ces facteurs sont très mal connus. En ce qui concerne nos oiseaux, on peut penser que c'est l'espace sonore qui joue le rôle de

facteur limitant, cet espace étant saturé en période de reproduction. Deux enregistrements effectués à raison de 5 minutes par heure, pendant 24 heures consécutives, les 18-19 avril 1970 et 23-24 mai 1970, semblent confirmer cette hypothèse. Au cours du premier enregistrement 9 espèces de la bordure ou du versant ont été identifiées. Ce sont : *Merle noir*; *Coucou*; *Pouillot Vélocé*; *Rossignol*; *Rouge-gorge*; *Troglodyte*; *Bouscarle*; *Bruant jaune*; *Bruant Proyer*.

Pendant la 2^e enregistrement, nous avons trouvé les espèces suivantes : *Fauvette à tête noire*; *Coucou*; *Merle noir*; *Rossignol*; *Bruant jaune*; *Bouscarle*.

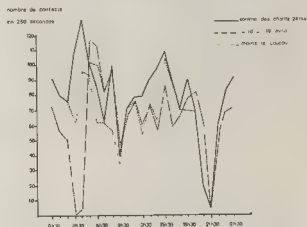


FIG. 19. — Variations de la quantité de chant au cours de 24 heures

Malgré les différences qualitatives et quantitatives d'espèces chanteuses, à ces deux dates, nous constatons que le volume sonore total suit des variations très voisines, surtout si nous accordons au *Coucou*, seule espèce parasite, un rôle particulier. Cet oiseau semble en effet, s'incorporer au volume sonore total de 7 à 9 heures et de 17 à 20 heures. Le reste du temps il s'ajouterait aux autres espèces. Bien entendu, ceci reste à vérifier sur plusieurs enregistrements; mais nous pouvons d'ores et déjà penser que l'espace sonore joue sans doute un rôle important dans le contrôle de l'abondance des oiseaux en période de reproduction, quand des facteurs aussi importants que la nourriture ou les postes de chant sont surabondants (cf. FROCHOT, 1970).

RESUME

Ce travail concerne l'étude des mécanismes d'isolement permettant de réduire la compétition directe entre les Passereaux nicheurs d'un marais. Les sept espèces nicheuses sont séparées :

- 1) Spatialement (sites de nidification, aires de recherche de la nourriture).
- 2) Ethologiquement (choix des postes de chant, méthode de capture de la nourriture).
- 3) Dans le temps, par une désynchronisation des étapes de la reproduction.

Chacun de ces mécanismes repose plus ou moins étroitement sur des différences morphologiques (longueur de l'aile, du bec, poids corporel) et éthologiques qui permettent à chaque espèce d'occuper une niche propre.

SUMMARY

This paper deals with the isolating mechanisms which attenuate direct competition between breeding passerine birds of a marsh.

The seven breeding species are separated :

- 1) *In space (nesting sites, feeding places).*
- 2) *According to comportment (singing places, method of feeding).*
- 3) *By a desynchronisation of breeding dates.*

Each mechanism mainly depends on morphology (wing length, bill length, weight) and ethology differences which allow each species to occupy a specific niche.

BIBLIOGRAPHIE

- ANDREWARTHA (H.G.), 1961. — Introduction to the study of Animal populations.
- BLONDEL (J.), 1969. — Synécologie des Passereaux résidents et migrateurs dans le midi méditerranéen français. Thèse.
- DICE (L.R.), 1952. — Natural communities. Ann. Arbor. University of Michigan Press
- ELTON (Ch.), 1927. — Animal ecology. London Seidwich and Jackson.
- ELTON (Ch.), 1958. — The ecology of invasions by plants and animals. London. Methuen and Co. 161 p.
- ELTON (Ch.) et MILLER (R.S.), 1954. — The ecological survey of animal communities with a practical system of classifying habitats by structural characters. *J. Ecol.*, 42, 460-496.
- FROCHOT (B.), 1970. — La compétition interspécifique chez les Oiseaux. *Jean le Blanc*, t. IX, n° 1.
- GEROUDET (P.), 1953-1957. — Les Passereaux. t. 2-3. Delachaux et Niestlé, Neuchâtel Suisse.
- HENRY (C.), 1971. — Etude d'un marais de la haute Cisse *Bulletin des Naturalistes Orléanais*, janvier, 1971, 19-35.
- HENRY (C.). — Notes sur la reproduction et la biologie de la Locustelle tachetée et de la Locustelle luscinoïde. A paraître. *O.R.F.O.*
- HENRY (C.). — Le poids corporel et la longueur de l'aide chez les Passereaux d'Europe : Application à l'étude de l'isolement trophique. A paraître. *Terre et Vie*.
- HUTCHINSON (G.E.), 1944. — *Ecology*, 25, 3-26.
- HUTCHINSON (G.E.), 1957. — *Cold Spr. Harb. Symp. quant. Biol.*, Concluding remarks, 22, 415-427.
- KENDEIGHT (S.C.), 1961. — Animal Ecology. Prentice Hall. 1^{re} ed.
- KLOPPER (P.H.), 1962. — Behavioural aspects of ecology. Prentice Hall. Cliffs. New-Jersey.
- LABITTE (A.), 1958. — Contribution à l'étude de quelques oiseaux nicheurs et de passage en Champagne humide en 1956. *Alauda* (48-55).
- MACFADYEN (A.), 1963. — Animal ecology. London. Aims and methods, 344 p.
- MILLER (R.S.), 1967. — Pattern and process in competition. *Advances in ecological research*, n° 4, 1-74.
- NEWTON (I.), 1967. — The adaptive radiation of feeding ecology of some British finches. *Ibis*, 109, 33-98.
- ODUM (E.P.), 1959. — Fundamentals of Ecology. Saunders. Philadelphia, 546 p.
- ROTH (M.) et COUTURIER (G.), 1966. — Les plateaux colorés en écologie entomologique. *Ann. Soc. Ent. Fr.*, II (2), 361-370.
- SVARDSON (G.), 1949. — Competition and the habitat selection in Birds. *Oikos*, 1, 157-174.
- UDVARDY (M.D.F.), 1959. — Notes on the ecological concepts of habitat, biotope and niche. *Ecology*, 40, 725-728.
- VALVERDE (J.), 1964. — Remarques sur la structure et l'évolution des communautés de vertébrés terrestres. *Terre et Vie*, p. 121-154.
- WEATHERLY (A.H.), 1963. — Notions of niche and competition among animals with special reference to freshwater fish. *Nature*, 197, 14-17.

ANALYSE DE QUELQUES NIDS DE

Bruant des Roseaux

Nid n° 1

Long.	Tiges sèches									Juncus						Convolv.	Phrag.	Carex	Divers	Total par long.
	Diamètre 0-1 mm T			Diamètre 1-2mm T			Diamètre 0-1 mm T			Diamètre 0-1 mm T			Diamètre 1-2mm T							
0-5	19	1	20	23	1	24	4		4	85	2	87	25		25		2	9	615	786
5-10	21	4	25	27	4	31	3		3	166	7	173	39	2	41		3	5		281
10-15	8	3	11	19	9	28	1		1	43	2	45	20		20	1		2		108
15-20	4	3	7	15	2	17	1		1	22	1	23	11		11			1		50
20-25	2		2	2	2	4				10		10	6		6	1		1		23
25-30	1		1	2		2				4		4	4		4			1		12
30-35	2		2	1	1	2	1		1	1		1	3		3					9
35-40	1		1	2		2				1		1								4
40-45																				
45-50																				
50-55																		1		1
55-60																				
60-65				1		1														1
65-70				1		1														1
	58	11	69	93	19	112	10		10	332	12	344	108	2	110	2	5	20	615	

S. R.

S. R.

S. R.

S. R.

S. R.

S = simple — R = ramifié

Nid n° 2

Long.	Tiges sèches						Juncus						Convolv.	Phrag.	Carex	Divers	Total par long.
	Diamètre 0-1 mm		Diamètre 1-2 mm		Diamètre 2-3 mm		Diamètre 0-1 mm		Diamètre 1-2 mm								
0-5							247	1	248	138		138			9		395
5-10							85		85	92	1	93			12		190
10-15							45		45	54		54			1		100
15-20							15		15	47	1	48			1		64
20-25							3		3	25		25			1		29
25-30							1		1	12	1	13					14
30-35							5		5	2		2					7
35-40										1		1					1
40-45																	
45-50										1		1					1
50-55																	
55-60																	
60-65																	
65-70										2		2					2
							401	1	402	374	3	377			24		803

S. R.

S. R.

S. R.

S. R.

S. R.

S = simple ; R = ramifié

Nid n° 3

Long.	Tiges sèches									Juncus						Phragm.	Carex	Divers			Total par Long	
	Diamètre 0-1 mm			Diamètre 1-2 mm			Diamètre 2-3 mm			Diamètre 0-1 mm		Diamètre 1-2 mm		Diamètre 2-3 mm			T					
- 5	3		3	4		4	3		3	41	1	42	18		18			4	168	2	170	240
5-10	2	2	4	9		9	4		4	57		57	21	1	22		1	3	56	3	59	155
10-15	6		6	7		7	3		3	41		41	26	2	28			2	52	4	56	141
15-20	2		2	3	1	4	2		2	20	1	21	18		18	1	1		35	6	41	89
20-25	1		1	4	1	5	1		1	8		8	23		23			1	33	3	36	74
25-30				3		3	1		1	1		1	8		9				12	2	14	28
30-35	1		1	1		1				2		2	1		1				22	3	25	30
35-40				3		3				1		1	1		1				6	2	8	13
40-45													1		1				3		3	4
45-50																				1	1	1
50-55													1		1				2		2	3
55-60	1	1		1																		1
60-65										1		1								1	1	1
65-70										1		1										1
	16	2	18	34	2	36	14		14	173	2	175	118	4	122	1	2	10	389	27	416	782

S. R.

S. R.

S. R.

S. R.

S. R.

S = simple — R = ramifié

Nid n° 4

	Tiges sèches								Juncus							Convolv	Carex	Divers			Total par Long
	Diamètre 0-1 mm			T		Diamètre 1-2 mm		T		Diamètre 2-3 mm		T		Diamètre 2-3 mm				T			
0-5	25		25						41	1	42	33		33	1	1	3	153	153	253	
5-10	18	2	20				1		1	34	1	35	30	30	1	1	11	38	38	124	
10-15	7	1	8		1	1	1		1	29		29	34	34		2	1	11	11	84	
15-20	4	2	6	2		2				11		11	15	15		2	1	22	22	56	
20-25	1	2	3							3		3	6	6		1	2	5	5	17	
25-30										3		3	5	5				2	2	10	
30-35		1	1										1	1			1	1	1	3	
35-40										1		1	3	3	1		1	1	1	5	
40-45		1	1														2			1	
45-50	1		1										3	3						4	
50-55																					
55-60										1		1								1	
60-65																					
65-70																					
	56	9	65	2	1	3	2		2	123	2	125	130	130	3	7	22	233	233	558	

S. R.

S. R.

S. R.

S. R.

S. R.

S = simple — R = ramifié

Analyse d'un nid de *Pyrrhula pyrrhula* (n° 1)

Diamètre	Branchettes						Total	Tiges sèches 0-1		Tot.	Rac.	Tot.gl.
	0-1 mm		1-2 mm		2-3 mm						0-1	
Longueur (cm)	S.	R.	S.	R.	S.	R.		S.	R.			
0-5	137	79	23	40			279	49	15	64	572	915
5-10	12	35	5	34			86	3		3	138	227
10-15	1	3	1	8			13				15	28
15-20											2	2
Total	150	117	29	82			378	52	15	67	727	1 172

Analyse d'un nid de *Pyrrhula pyrrhula* (n° 2)

Diamètre	Branchettes						Total	Tiges sèches 0-1		Tot.	Rac.	Tot.gl.
	0-1 mm		1-2 mm		2-3 mm			0-1				
Longueur (cm)	S.	R.	S.	R.	S.	R.		S.	R.			
0-5	43	69	9	19			140	52	18	70	270	480
5-10	4	21	7	35	1		68	3	3	6	36	110
10-15		2		7			9		2	2	3	14
15-20												
Total	47	92	16	61	1		217	55	23	78	309	604

A partir de 1973, il y aura 2 publications :

- Un Bulletin scientifique sous la forme actuelle.
- Une feuille d'informations : vie de la Société, informations, analyses d'ouvrages scientifiques.

Nos membres sont priés de bien vouloir nous adresser d'urgence leurs informations.

RECHERCHES SYNÉCOLOGIQUES SUR LA PÉDOFAUNE DE L'ÉCOSYSTÈME FORÊT CLAIRE (MIOMBO) ⁽¹⁾

par G. GOFFINET et R. FRESON

Service de Zoologie
Université Nationale du Zaïre, Campus de Lubumbashi (2)

1. — INTRODUCTION

Les études synécologiques sur les peuplements édaphiques des milieux forestiers tropicaux en général et plus spécialement africains sont encore, à l'heure actuelle, excessivement sommaires si on les compare aux études similaires entreprises dans les sols de régions tempérées.

De nombreuses données sur la faune du sol existent dans la littérature, mais elles présentent très souvent l'inconvénient de se limiter à un groupe zoologique restreint. D'un autre côté, il est difficile et hasardeux, partant de ces données fragmentaires et établies pour des types forestiers parfois fort dissemblables, d'extrapoler les rapports quantitatifs existant entre les groupes d'animaux d'une biocénose édaphique caractérisant une association végétale ou un écosystème défini.

Dans cet ordre d'idée, il convient de citer les travaux de BLOCK et BANAGE (1968) sur les Oligochètes de la savane arbustive (Bush-forest) ougandaise, de BANAGE et WISSER (1967) sur les micro-organismes et les Nématodes de la même association, de BODOT (1964), BOUILLON (1958, 1969, 1970), BOUILLON et KIDIERI (1964) sur les Termites de la

région éthiopienne, de MALDAGUE (1959, 1961) sur les Nématodes et sur quelques groupes arthropodiens, plus spécialement Acariens et Collembolles, dans quelques milieux naturels et artificiels de la région équatoriale de Yangambi. Du point de vue synécologique, les résultats de MALDAGUE (1961) sur les forêts à *Brachystegia laurentii* et à *Scorodophloeus zenkeri* constituent une base de travail intéressante.

En ce qui concerne plus spécialement la forêt claire (= *Miombo* dans le dialecte kibemba), les recherches écologiques sur la pédofaune font entièrement défaut.

Le présent travail tente de combler cette lacune, mais n'a toutefois d'autre ambition que de présenter un « faciès » synécologique de la pédofaune en *Miombo* quand on sait que ce dernier, couvrant plus de 87 % de la région de Lubumbashi (ex Elisabethville) (SYS et SCHMITZ, 1959) est constitué à son tour d'une mosaïque d'associations végétales dont la caractérisation des biocénoses du sol est particulièrement laborieuse.

2. — CARACTÉRISTIQUES DE LA STATION ÉTUDIÉE

A. SITUATION.

L'aire d'expérimentation en forêt claire s'étend non loin de la rivière Luiswishi (= *Miombo* de la Luiswishi),

(1) Note n° 4 des Contributions à l'étude de l'Ecosystème Forêt claire (*Miombo*).

(2) Université nationale du Zaïre, B.P. 1825, Lubumbashi, Rép. du Zaïre.

soit à 28 km au N.E. de Lubumbashi (latitude 11° 29' S, longitude 27° 36' E). L'altitude moyenne y est de 1 208 m.

B. PÉDOLOGIE ET GÉOLOGIE.

Le Miombo de la Luiswishi s'étend sur des sols zonaux à terres ocre-rouge et à texture finement argileuse (série de Kaponda, Sys et SCHMITZ, 1959). L'horizon superficiel (A_1) très mince surmonte des horizons profonds plus rouges et très peu différenciés.

C. CLIMATOLOGIE.

Dans le type de climat soudanien, la région de Lubumbashi appartient au type climatique C_w de Köppen (BULTON, 1950). On y observe une saison sèche, de mai à septembre, d'une durée moyenne de 185 jours et une saison pluvieuse, d'octobre à avril, avec des précipitations annuelles comprises entre 1 200-1 400 mm. La température annuelle moyenne est inférieure à 21 °C.

Dès juillet 1968, un poste climatologique fut établi dans le Miombo de la Luiswishi. Les principales caractéristiques écoclimatiques (voir annexe) pour la période comprise entre novembre 1969 et octobre 1970, période pendant laquelle furent effectués les relevés de la pédofaune, peuvent se résumer de la manière suivante :

a) Précipitations (fig. 1).

Les précipitations, au niveau du sol, ont été de 932,4 mm avec des maxima observés en janvier et février.

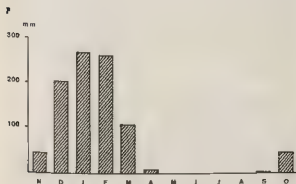


FIG. 1. — Précipitations mensuelles au niveau du sol du Miombo de la Luiswishi (période de novembre 1969 à octobre 1970).

L'humidité relative moyenne annuelle est de 72,3 %, avec une moyenne annuelle minimale de 45 % et une moyenne annuelle maximale de 99 %. L'amplitude journalière moyenne est de 54 %.

b) Température (fig. 2).

La température moyenne annuelle est de 20,8 °C avec des maxima et minima absolus de 38,5 °C et 3,5 °C.

La température mensuelle moyenne la plus élevée est de 32,2 °C (septembre); la plus basse est de 6,7 °C (juillet).

L'amplitude journalière moyenne est de 15,9 °C.

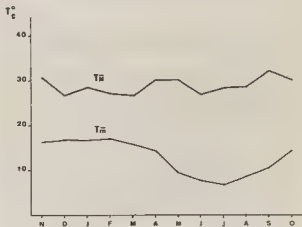


FIG. 2. — Températures mensuelles moyennes des maxima (T_m) et minima (T_n) au niveau du sol du Miombo de la Luiswishi (période de novembre 1969 à octobre 1970).

c) Humidité relative (fig. 3).

L'humidité relative moyenne annuelle est de 72,3 %, avec une moyenne annuelle minimale de 45 % et une moyenne annuelle maximale de 99 %. L'amplitude journalière moyenne est de 54 %.

Au point de vue climatologique, les données figurant dans le tableau I font ressortir que la différenciation saisonnière repose essentiellement sur les caractères pluviométriques et sur les valeurs minimales de la température et de l'humidité relative.

D. VÉGÉTATION.

La strate arborescente est principalement constituée de *Marquesia macroura*, *Brachystegia spiciformis* var.

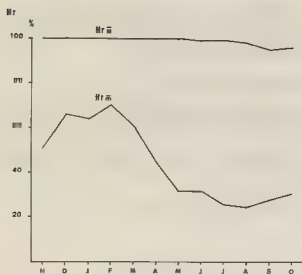


FIG. 3. — Valeurs mensuelles moyennes des maxima (Hr_M) et minima (Hr_m) de l'humidité relative au niveau du sol du Miombo de la Luiswishi (période de novembre 1969 à octobre 1970).

TABEAU I

Données climatologiques du Miombo de la Luiswishi. (Valeurs moyennes établies pour les six mois de la période pluvieuse — novembre 1960 à avril 1970 — et pour les six mois de la période sèche — mai 1970 à octobre 1970.)

Période	T	T_M	T_m	ΔT	Hr	Hr_M	Hr_m	ΔHr	P
Pluvieuse (nov. 69 - avril 70)	22,2	28,2	16,2	12,0	79,8	100,0	59,7	40,2	885,5
Sèche (mai 70 - oct. 70)	19,5	29,5	9,6	19,9	63,9	98,2	29,5	68,7	46,9

T : Température moyenne,
 T_M : Moyenne des températures maxima,
 T_m : Moyenne des températures minima,
 ΔT : Amplitude moyenne des températures,
Hr : Humidité relative moyenne,
 Hr_M : Moyenne des valeurs maxima de l'humidité relative,
 Hr_m : Moyenne des valeurs minima de l'humidité relative,
 ΔHr : Amplitude moyenne de l'humidité relative,
P : Précipitations.

latifoliata, *Julbernardia paniculata* et *Monotes glaber*. Parmi les essences de la strate arbustive, nous retiendrons spécialement : *Baphia bequaertii*, *Diplorhynchus condylocarpon* var. *mossambicensis* et *Uapaka kirkiana*.

La strate herbacée est dominée par *Trystachya bequaertii* et *Setaria thermitaria* (FRESON et GOFFINET, inédit).

3. — ESTIMATION QUANTITATIVE DE LA PÉDOFAUNE

A. PÉDOFAUNE INTERCALIQUE.

Pour des raisons de facilité d'exposé, nous proposons le terme « intercalique » pour désigner l'espace compris entre les calies élaborées par les termites. La pédofaune intercalique comprend donc la faune totale du sol, à l'exclusion de la faune des termitières.

a) Techniques et échantillonnage.

Macrofaune : dans la station choisie, un transect de 48 m de long et de 16 m de large est subdivisé en 48 carrés de 4 m de côté. Au cours de l'année, 48 relevés à raison de 4 par mois sont réalisés jusqu'à une profondeur de 15 cm sous la litière.

La faune de la litière est extraite par la méthode de Tullgren après un triage manuel rapide pour isoler les animaux rebelles à l'extraction par voie sèche (notamment : Oligochètes, Gastéropodes,...). Le sol proprement dit est trié manuellement au laboratoire.

Microfaune arthropodienne : quatre sous-stations de 4 m² chacune ont été délimitées au hasard. Chaque mois, 8 carottes de sol de 10 et 15 cm de profondeur sont extraites au moyen d'une sonde cylindrique en acier à parois minces (technique inspirée de BALOCH, 1958; MAC FADYEN, 1961; VANNIER et ALPERN, 1968; VANNIER et CANCELA DA FONSECA, 1966). La mise en route de l'extraction des échan-

tilions a lieu le plus rapidement possible au laboratoire au moyen d'appareils de Tullgren.

La biomasse des animaux est exprimée par leur poids sec après fixation par l'alcool. Les animaux sont séchés à l'étuve (60-80 °C) jusqu'à stabilisation de leur poids.

Pour chaque groupe zoologique où le nombre d'individus est très élevé (Acariens, Collembolles, Fourmis et Termites), la biomasse a été calculée à partir du poids sec établi pour une partie (10 - 20 %) du peuplement. Pour chaque pesée, il a été tenu compte du pourcentage du nombre d'individus constituant chaque caste et des proportions du nombre d'individus adultes et juvéniles. La totalité du matériel a été pesée en ce qui concerne les autres groupes.

b) Résultats, discussion et conclusions.

L'examen du tableau II fait ressortir la nette dominance pondérale (plus de 80 %) de la faune arthropodienne dans le sol du Miombo. Ce fait traduit à lui seul une différence fondamentale avec la composition faunique généralement admise dans les bons sols de forêts caducifoliées tempérées où le groupe dominant par sa biomasse est représenté par les Oligochètes terricoles. Le rôle peu important de ces derniers dans les sols tropicaux africains devient de plus en plus évident. MALDAGUE (1961), dans la forêt climacique équatoriale de Yangambi (Rép. du Zaïre), faisait déjà remarquer la rareté des Oligochètes terricoles dans le sol. BLOCK et BANAGE (1968) de leur côté, signalent un poids frais de 0,84 g/m² dans la « Bush-forest » ougandaise. Cette dernière valeur traduit bien la faible importance quantitative des Oligochètes dans ce milieu.

Parmi la microfaune arthropodienne (Acariens et Insectes Aptérygotes), les Acariens dominent tant par leur nombre que par leur biomasse. Cette remarque n'a rien de surprenant puisqu'elle est valable, toutes proportions gardées, aussi bien pour les sols tempérés que les sols tropicaux étudiés jusqu'à ce jour. En valeur absolue, la densité des peuplements de Collembolles (environ 9 500 ind./m²) et d'Acariens (environ 90 000 ind./m²) est toutefois relative-

ment faible si on la compare aux densités moyennes enregistrées dans les sols de forêts caducifoliées tempérées (Collembolles : de quelques dizaines de milliers à 200 000 ind./m²; Acariens : plusieurs centaines de milliers d'ind./m²), mais coïncide avec les valeurs déterminées par MALDAGUE (1959, 1961) pour la forêt à *Brachystegia laurentii* (Collembolles : 11 509 ind./m²; Acariens : 49 749 ind./m²). Le concept formulé par DELAMARE DEBOUTTEVILLE (1951) suivant lequel le nombre d'individus est plus élevé sous les climats tempérés et arctiques que sous les tropiques se justifie pleinement (la diversité spécifique sous les tropiques étant néanmoins plus grande).

En ce qui concerne plus précisément le nombre et la biomasse des groupes constituant la macrofaune du sol (tableau III), deux conclusions s'imposent. En effet, si, en nombre, les Termites et les Formicides représentent plus de 80 % du nombre d'individus constituant la macrofaune intercalique totale, c'est aux Termites (36,3 %), aux larves d'Insectes Holométaboles (21,12 %) et dans des proportions moindres aux Oligochètes (13,5 %) que reviennent les 71 % de la biomasse totale. L'importance relative des Diplopes (7,38 %), des Coléoptères adultes (7,19 %) et des Formicides (5,03 %) n'est pas négligeable.

Les auteurs s'accordent généralement à reconnaître le rôle important des Termites et des Fourmis dans le sol des tropiques, mais peu de travaux quantitatifs ont été réalisés dans ce sens. Dans le parc national de la Garamba (Rép. du Zaïre), HARRIS (1963), étudiant la distribution des Termites dans le sol de la galerie forestière et de divers types d'associations de savane, conclut qu'ils représentent en moyenne 75 % du nombre total des individus de la macrofaune. A partir des données citées par l'auteur, le nombre moyen de termites s'élèverait à 1 847 ind./m², soit une valeur approximativement cinq fois supérieure à celle trouvée dans le sol du Miombo. Comme le signale BOUILLON (1969), cette différence pourrait provenir du fait que les savanes sont plus riches en nombre d'individus, les forêts étant plus riches par le nombre d'espèces. Cette remarque semble se justifier car des relevés effectués en Miombo dégradé, à

TABLEAU II

*Nombre et biomasse des divers groupes zoologiques
constituant la pédofaune intercalique du Miombo
(valeur moyenne établie sur un an de relevés)*

Groupes	Nombre d'individus au m ²	Biomasse au m ² (en mg)	Biomasse en % du poids sec total
Protozoaires			
Thécamoebiens	1 440 000	126,00 (1)	9,44
Nématodes	relativ. peu nombreux	non calculée	?
Oligochètes	8,92	120,77	9,05
Mollusques	+	négligeable	—
Isopodes	très rares	négligeable	—
Acarins	89 629	225,00	16,85
Pseudoscorpionides et Aranéides	19,25	30,27	2,27
Myriapodes			
— Diplopodes et Chilopodes	13,00	72,23	5,41
— Pauropodes et Symphyles	713,24	négligeable	—
Insectes Aptérygotes			
— Collemboles	9,428	86,23	6,46
— Protoures et Diploures	272,06	négligeable	—
Insectes Ptérygotes (adultes + larves)	874,16 (2)	674,60	50,53
Total		1335,10	100,01

(1) Valeur calculée selon les données de VOLTZ (1951).

(2) Il n'a pas été tenu compte d'une petite nymphe d'Homoptère que l'on trouve à raison de 1.763 individus au mètre carré en moyenne et dont le poids est de ± 10 mg/m².

tendance nettement savaneuse, sont numériquement beaucoup plus riches en termites que les relevés du sol de Forêt claire.

D'autres valeurs concernant la distribution des Termites existent dans la littérature mais elles incluent les populations de calies. Ces données dépassent le cadre de ce chapitre qui concerne la faune exclusivement intercalique.

De l'ensemble de ces résultats, il ressort toutefois que la faune, du moins envisagée sous l'angle de sa biomasse, est extrêmement pauvre quand on sait que la quantité de matière organique tombée au sol (feuilles, brindilles. ...) est de l'ordre de 3,7 T/ha/an (MALAISSE et MALAISSE-MOUSSET, 1969).

B. FAUNE DES CALIES DE TERMITES.

a) Mise au point.

Etant donné les difficultés techniques d'une part (échantillonnage, triage, comptage...) et la biologie complexe des termites d'autre part (nids souterrains par exemple), il est hasardeux de vouloir déterminer le nombre et la biomasse de populations de termites par unité de surface. BOUILLON fait observer justement que : « Il paraît bien évident que les études quantitatives sur les termites devront limiter leur ambition et se contenter d'approximations » (BOUILLON, 1969).

TABLEAU III
 Nombre et biomasse des divers groupes zoologiques
 constituant la macrofaune intercalique du sol
 du Miombo

Groupes	Nombre (N)		Biomasse (B)	
	au mètre carré	en % de (N) total	en mg/m ²	en % de (B) total
Oligochètes	8,92	1,04	120,77	13,45
Pseudoscorpionides	6,00	0,70	0,07	0,01
Aranéides	13,25	1,55	30,20	3,36
Chilopodes	5,25	0,61	5,98	0,67
Diplopodes	7,75	0,90	66,25	7,38
Isophtères	263,50	30,73	325,95	36,30
Embioptères	0,50	0,06	0,32	0,04
Dictyoptères	4,50	0,52	14,77	1,65
Dermaptères	0,83	0,10	1,17	0,13
Orthoptères	2,83	0,33	12,55	1,40
Coléoptères ad.	17,92	2,09	64,55	7,19
Hymén. Formicidés	430,75	50,24	45,13	5,03
Homoptères	9,58	1,12	10,03	1,12
Hétéroptères	6,50	0,76	6,91	0,77
Larves Holométab. (Diptères, Coléopt. Lépidopt. . .)	79,33	9,25	193,22	21,52
Total	857,41	100,0	897,87	100,02

Si l'on considère les termitières qui jalonnent la forêt claire katangaise sous l'angle de leur taille, on peut distinguer d'une manière simpliste les petites et moyennes calics, habitées par les termites du type *Cubitermes*, *Nasutitermes*, etc., des termitières géantes, élaborées principalement par *Macrotermes goliath* et *Macrotermes natalensis*. Ces grands tumuli dont le volume peut atteindre plusieurs centaines de m³ et le nombre 4 à 5 par ha aux alentours de l'aire d'expérimentation conditionnent littéralement la géomorphologie du paysage de la forêt claire katangaise. D'autre part, et notamment lorsqu'ils sont abandonnés par leurs constructeurs originaux, la composition tellurique très particulière de ces tumuli permet l'implantation d'une association végétale spécifique et différente de l'association forestière avoisin-

nante. Parallèlement, des zoocénoses particulières s'établissent : c'est ainsi que des espèces termitophiles normalement présentes dans les premiers stades suivant le déclin de la colonie se raréfient par la suite, tandis que des espèces humicoles qui s'imposent difficilement dans le sol voisin où la compétition est plus marquée y trouvent des conditions d'expansion favorable (= « place vide » de DELAMARE DEBOUTTEVILLE, 1951). Dans cet ordre d'idées il est fréquent d'observer des tumuli de ce genre reconquis secondairement par d'autres termites généralement de taille plus petite.

Il semblerait donc raisonnable, tout comme le font les phytosociologues, de considérer les tumuli de *M. goliath* et *M. natalensis* comme un milieu secondaire particulier, pouvant être étudié indépendam-

ment de la forêt qui l'entoure, avec ses propres méthodes d'analyse. Toutefois, ainsi que le signalent CASSAGNAU et MATSAKIS (1965), les limites d'une biocénose ne correspondent pas, *a priori*, même si elles existent dans de nombreux cas, aux limites de l'association phytosociologique où on la rencontre. C'est ainsi qu'il est difficile de nier l'incidence que peuvent avoir les termites de ces grands tumuli sur la forêt claire avoisinante (par le jeu de la périécie notamment).

Dans cette étude préliminaire des peuplements édaphiques du Miombo, conscients des difficultés énormes d'analyse quantitative de la faune d'un tumulus élaboré par un *Macrotermes*, nous nous sommes limités à estimer le nombre et la biomasse des individus des petites et moyennes termitières ainsi que d'une colonie de *Macrotermes* dont des nids actifs ont été régulièrement repérés aux environs de l'aire d'expérimentation.

La faune termitophile (cfr. certaines Araignées, des Diplopodes, des Chilopodes tels que *Mecistocephalus* et *Asanada sokotrana* qui fut régulièrement trouvé dans de petites termitières — GOFFINET, 1969, et observations inédites) est considérée comme négligeable au point de vue quantitatif.

b) Petites et moyennes termitières.

Les calies de petites dimensions sont comptées dans quatre carrés (25 m²) déterminés au hasard en bordure de la station. Leurs mensurations sont soigneusement notées. On les extrait ensuite sur une profondeur de 10 à 15 cm et on les ramène au laboratoire où ont lieu le dénombrement de la colonie par triage manuel et la caractérisation taxonomique.

Les valeurs du nombre total de termites et de leur biomasse par hectare ont été extrapolées à partir des résultats de l'analyse des quatre carrés de 25 m² (tableau IV). Sachant qu'il existe 1 460 petites calies en moyenne par ha (valeur moyenne établie à partir du comptage des calies se trouvant dans 40 carrés de 100 m²), le nombre total d'individus habitant les calies de petites dimensions est estimé à 10 810 400 et leurs biomasse (poids sec) à 11,7 kg à l'ha.

TABLEAU IV

Nombre et biomasse (poids sec)
des termites habitant les petites calies
(circonférence de base inférieure à 100 cm, hauteur
inférieure à 40 cm) en Miombo

Carré n°	Surface (m ²)	Nombre de calies	Nombre total d'individus	Biomasse (poids sec) en g
1	25	3	7 607	14,907
2	25	2	2 685	4,700
3	25	8	98 080	100,035
4	25	3	10 088	8,665
Total	100	16	118 470	128,307
Valeur extrapolée	10 000	1 460	10 810 400	11 710

En ce qui concerne les calies de grandeur moyenne (circonférence de base supérieure à 100 cm, et/ou hauteur dépassant 40 cm), l'estimation numérique et pondérale des termites s'inspire partiellement de la méthode utilisée par SANDS (1965) pour un *Trinervitermes*. Sur une superficie d'un hectare, les calies du type envisagé sont repérées, mesurées et identifiées. A partir des valeurs établies pour les petites termitières (volume, type et biomasse de la population habitant chaque calie), on extrapole pour chacune des calies repérées. La somme des valeurs ainsi calculée donne les résultats suivants : 6 621 300 individus, soit une biomasse de 10,1 kg par hectare.

L'estimation par hectare du nombre et de la biomasse des termites de petites et moyennes calies s'établit donc comme suit : 17 431 700 individus, soit un poids sec de 21,8 kg.

c) Grandes termitières : calcul théorique de la biomasse d'une population d'un nid de *Macrotermes*

La détermination de la biomasse d'une population moyenne d'un nid de termites suppose la connaissance :

1) du nombre total moyen d'individus constituant la colonie;

2) des rapports numériques moyens existant entre les castes de la colonie, avant et après l'essaimage ainsi que

3) du poids unitaire moyen des individus constituant chacune des castes.

Pour *Macrotermes*, la littérature est peu loquace sur ce sujet. Il est vrai que, techniquement parlant et en tenant compte des moyens d'investigation disponibles jusqu'ici, le fait d'établir un nombre moyen d'une population de ces grands termites demeure très difficile. On sait toutefois qu'un nid de *Macrotermes* renferme sûrement plusieurs millions d'individus (GRASSE, 1949).

Le problème a été contourné en émettant les hypothèses suivantes :

1) un nid moyen de *Macrotermes* renferme 2 millions d'individus (valeur choisie par analogie avec *M. bellicosus* dont une population moyenne a été estimée par HARRIS, 1955);

2) une colonie de *Macrotermes* est composée de 1,5 % de petits soldats, de 1 % de grands soldats (la valeur de 1 soldat pour 40 ouvriers est signalée chez *M. natalensis* dans BOUILLON, 1970), de 5 % d'essaimage (la valeur estimée par défaut sur la base du nombre d'ailés déterminés chez *Cubitermes exiguus* (10 %) et *Apicotermes desneuxi* (7,6 %, in BOUILLON, 1970), le reste de la population étant constituée par la caste ouvrière.

En se basant sur ces deux hypothèses, la biomasse d'une telle population de *Macrotermes* serait de 39,2 kg. Si l'on considère cette population après l'essaimage, la biomasse tombe à 23 kg environ, les individus ailés de cette espèce étant en effet particulièrement volumineux.

C. CONCLUSIONS

Nonobstant les difficultés d'estimation soulignées ci-dessus, il ressort clairement de cette étude quantitative sur la faune du sol du Miombo que les Isopètes constituent le nœud du problème pédobiocénétique et pédodynamique de la Forêt claire. En ad-

mettant qu'il n'existe qu'un seul nid actif de *Macrotermes* par hectare (on néglige par conséquent les anciens tumuli recolonisés secondairement par une faune où se retrouvent généralement de nombreux Isopètes), le nombre de termites serait de 22.10⁶ au moins à l'hectare et représenterait en biomasse plus de 85 % de la pédofaune totale (tableau V). Cette remarque est également significative dans ce sens qu'elle met spécialement en relief le rôle important des grands termites dans l'écosystème envisagé puisque, à elle seule, une colonie de *Macrotermes* représenterait en biomasse plus de 50 % de la faune totale. Les conclusions s'imposent d'elles-mêmes si l'on reconnaît plus d'une colonie active de ce genre par hectare !

TABLEAU V

Calcul théorique d'une estimation de la biomasse totale de la pédofaune du Miombo

(en supposant une seule colonie active de *Macrotermes*/ha)

	Biomasse en hg/ha	Biomasse en % du total
Faune intercalique		
Toute excepté termites	10,1	13,6
Termites	3,3	4,4
Termites des petites et moyennes cales	21,8	29,3
<i>Macrotermes</i> (une colonie / ha, avant essaimage).	39,2	52,7
Total	74,4	100,0

D'autre part, pour se rendre compte *in situ* du rôle des termites dans la dynamique du sol du Miombo, il suffit d'observer à certains moments de l'année leur « sortie » en surface quand ils ingèrent pour ainsi dire totalement la litière qu'ils ont préalablement recouverte d'un manteau protecteur de terre.

Des relevés effectués jusqu'à 10 cm de profondeur dans deux stations différentes du Miombo lors de

ces « sorties » ont montré, dans un cas, que le nombre d'individus (soldats et ouvriers) était de 3 050/m² et la biomasse (poids sec) de 10,110 gr/m² (soit 101,1 kg/ha !). Dans la seconde station, le nombre d'individus (vraisemblablement un *Cubitermes*) était de 6 075/m² et la biomasse de 4,385 gr/m² (soit 43,85 kg/ha !).

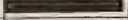
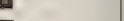
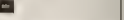
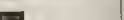
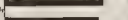
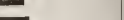
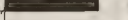
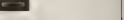
Ces observations confirment la notion classique que les termites, surtout ceux de grande taille, orientent la dynamique des sols des savanes boisées. Aussi, est-il fréquent d'attribuer aux termites du sol des forêts tropicales, même si, chez ces derniers, il se réalise suivant un processus différent, le rôle bien connu des Oligochètes dans la destruction des débris végétaux et les remaniements profonds des sols de forêts caducifoliées tempérées (BACHELIER, 1960; KÜHNELT, 1969; EDWARDS, REICHEL et CROSSLEY, 1970).

4. — ÉTUDE DE LA VARIATION SAISONNIÈRE DU NOMBRE D'INDIVIDUS COMPOSANT QUELQUES GROUPES DE LA MACROFAUNE INTERCALIQUE DU MIOMBO (tableau VI)

A. RÉSULTATS.

Pour chaque groupe étudié, le nombre d'individus (exprimé en % du nombre total d'individus récoltés pour ce groupe au cours de l'année) relevés au niveau de la litière et dans le sol au cours des six mois pluvieux (de novembre à avril) et au cours des six mois secs (de mai à octobre) est reporté dans le tableau VI. Les groupes zoologiques typiquement inféodés à l'horizon superficiel (L) au cours des deux saisons et ceux que l'on retrouve généralement dans les horizons plus profonds (A₁) y sont signalés. Les animaux constituant les autres groupes et trouvés tant en surface qu'en profondeur (L + A₁) ont été inventoriés globalement.

TABLEAU VI

TABLEAU VI.	PERIODE PLUVIEUSE	PERIODE SECHE
Température	$\overline{T}_B: 26,2$ $\overline{T}_S: 16,2$	$\overline{T}_B: 29,5$ $\overline{T}_S: 9,6$
Degré hygom	$\overline{H}_B: 900,0$ $\overline{H}_S: 59,7$	$\overline{H}_B: 98,2$ $\overline{H}_S: 29,5$
Pluviosité		
<i>Lombrycia</i> (A ₁)		
<i>Larves Helomyz</i>		
<i>Chilop. adent.</i>		
<i>Coleopt. ad. L.A.</i>		
<i>Larves Helomyz</i>		
<i>Pseudoscorp.</i>		
<i>Blattes</i> (L)		
<i>Termites</i> (A ₁)		
<i>Araignees</i> (L+A ₁)		
<i>Diplopodes</i> (L+A ₁)		
<i>Hemipt.-Hétéropt. Litière</i> (L+A ₁)		
<i>Fourmis</i> (L+A ₁)		

B. CONCLUSIONS.

Le fait d'établir des corrélations entre les variations saisonnières de facteurs écologiques et la distribution de peuplements animaux sans tenir compte du caractère autécologique que ce problème suscite, peut, à première vue, paraître aléatoire. Les résultats du tableau VI permettent néanmoins de tirer quelques conclusions d'ordre général intéressantes.

1. Pour chaque groupe étudié, le nombre d'individus (Formicides exceptés) récoltés pendant la période pluvieuse est supérieur au nombre trouvé durant la saison sèche. Globalement, le nombre d'animaux présents en surface et dans le sol pendant la saison des pluies constitue 54,5 % de la faune totale. Mais si l'on excepte les fourmis, dont le nombre élevé

d'individus masque l'influence des facteurs climatiques sur les autres groupes zoologiques, ce pourcentage est de 66,3 %. Si, en plus, on fait abstraction des termites qui représentent le groupe numériquement le plus riche après les fourmis, ce pourcentage s'élève à 75,3 %.

BERNHARD-REVERSAT, HUTTEL et LEMÉE (1971) arrivent à des conclusions globales fort analogues pour la litière d'une forêt dense humide (Rain-forest) ivoirienne où ils signalent une pédofaune plus abondante durant la saison pluvieuse.

2. Les animaux inféodés à l'horizon superficiel sont très sensiblement touchés par la période sèche puisque moins de 30 % des Blattes et des Pseudoscorpions seulement ont été trouvés pendant cette période.

Les Oligochètes terricoles et les Chilopodes à téguments minces (Cryptopidae et Géophiles) pour lesquels la présence indispensable d'eau est bien connue représentent les animaux hygrophiles par excellence. Leur présence dans les 15 premiers centimètres du sol est littéralement calquée sur le rythme des pluies.

3. Les Fourmis et, dans de moindres proportions, les Homoptères - Hétéroptères - Orthoptères, les Diptères et les Araignées, caractérisent en apparence les groupes du type mésophile. Si, pour les Fourmis, cette remarque se justifie dans les grandes lignes, puisque les espèces dominantes ont été observées au cours des deux saisons, il est certain qu'une étude autécologique au niveau des autres groupes donnerait de précieux renseignements. Il est utile de rappeler ici l'échelle hygrotaxique établie par GRASSÉ (1929) et DREUX (1961) sur de nombreuses espèces d'Orthoptères et celle de MAILLET (1959) sur les Homoptères.

4. Malgré leur besoin constant en eau (GRASSÉ et NOIROT, 1948), la présence des Termites au niveau de l'horizon A_1 pendant la période sèche s'explique par leurs remarquables propriétés d'homéostasie qui consiste à entretenir une température et un degré d'humidité optimum dans les galeries qu'ils ont « cimentées ».

5. Enfin, la distribution saisonnière des larves d'Insectes Holométales de surface (L) dont la diversité spécifique est étonnante, celle des larves enfouies dans le sol (A_1) et celle des imagos de Coléoptères, ne pourrait s'expliquer aisément que si les cycles biologiques de ces animaux étaient connus. Pour la larve du Lépidoptère nocturne, *Elaphrodes lactea* qui éclot en décembre et qui fut relevée dans la station prospectée, le cycle biologique a été déterminé par MALAISSE-MOUSSET, MALAISSE et WATULA (1970).

Des premières observations nous ont également permis d'établir, que, parmi les larves enfouies dans le sol (A_1), nombreuses sont les larves de Scarabéides et d'Elatérides qui résistent à la saison sèche. Ces larves constituent, du moins en partie, le contingent d'Insectes qui apparaissent lors des premières pluies (fin septembre-octobre).

C'est ainsi que, par recouplement avec des élevages effectués en laboratoire, il a été possible de mettre en évidence que les grosses larves scarabéiformes, dominantes par leur biomasse (plus de 60 % du poids total des larves A_1) et récoltées régulièrement dès le début de la saison des pluies et durant une bonne partie de la saison sèche, appartiennent au genre *Anomala* et *Schizonicha* dont les adultes typiquement « aériens » furent trouvés enfouis dans le sol peu avant ou pendant la période correspondant à l'apparition des pluies.

5. — RÉSUMÉ

Une étude synécologique de la faune édaphique d'une station de Forêt claire (Miombo) katangaise a été réalisée au cours d'un cycle annuel complet.

Comparée aux valeurs caractérisant les sols de forêts caducifoliées tempérées, la biomasse (poids sec) de la pédofaune intercalique (= faune du sol à l'exclusion de la faune des termitières) du Miombo est très faible. Le rôle des Oligochètes terricoles, dont l'influence importante sur l'évolution des sols de forêts caducifoliées tempérées est bien connue, appa-

rait comme étant secondaire dans l'écosystème Forêt claire.

Du point de vue numérique, les Formicidae et les Termites constituent plus de 80 % de la macrofaune intercalique totale. C'est toutefois aux Termites (36,3 %), aux larves d'Insectes Holométaboles (21,5 %) et dans de moindres proportions aux Oligochètes terricoles (13,45 %) que reviennent les 71 % de la biomasse totale.

Compte tenu de la biomasse des termites habitant les calies, il ressort que les Isoptères jouent un rôle fondamental dans l'équilibre biocénotique et pédodynamique du sol de la Forêt claire. L'accent est mis sur le rôle des grands termites (*Macrotermes*) qui conditionnent la géomorphologie de l'écosystème.

Enfin, la comparaison de la variation saisonnière du nombre d'individus composant quelques groupes zoologiques du sol intercalique a permis d'établir, exception faite des Formicidae, que la faune relevée pendant la saison des pluies est plus abondante que durant la saison sèche. Pour certains groupes (Oligochètes terricoles, Myriapodes Chilopodes, Pseudoscorpions et Dictyoptères), cette fluctuation s'explique par le gradient saisonnier hydrique. Pour les autres groupes, des conclusions certaines ne pourront être établies qu'après une étude autécologique.

SUMMARY

A synecological study of the soil fauna was made during a twelve month period at a chosen ecological site of Katangese woodland (Miombo).

Comparatively with the values characterizing the soils of temperate deciduous forests, the intercalic soil fauna biomass (fauna of termite mounds excluded) is very weak in the Miombo ecosystem.

In numerical point of view, Formicidae and Isoptera constitute more than 80 % of individuals constituting the total intercalic macrofauna. However, Termites (36,3 %), Insect Holometabolic larvae

(21,5 %) and, in a lower average, Earthworms (13,4 %) constitute 71 % of the total macrofauna biomass. The role of Earthworms, well known as primordial in dynamic of the good soils (mull) of temperate forests, appears as very secondary in Miombo.

*If we take into account the termite populations inhabiting calies, it clearly appears that Isoptera play a fundamental role in the biocénotic and soil-dynamic balance of Miombo. The particular importance of the large termites (*Macrotermes*) which control the geomorphology of this ecosystem is pointed out.*

Finally, a comparison of the seasonal variation of the number of individuals constituting certain zoological groups taken from the intercalic soil, shows, except for Formicidae, that the soil fauna collected during the wet season is more important than during the dry season. For some zoological groups (Earthworms, Myriapoda Chilopoda, Pseudoscorpionida and Blattidae) the different hygrometric seasonal rates explain these fluctuations. About the other groups, an autecological study is necessary before going to conclusions.

REMERCIEMENTS

Les auteurs expriment leur reconnaissance à Madame M. BOURGEOIS, Professeur à l'Université Nationale du Zaïre et à Monsieur JEUNIAUX, Professeur à l'Université de Liège pour les encouragements bienveillants et les conseils qu'ils n'ont cessés d'apporter pour la bonne réalisation de ce travail.

BIBLIOGRAPHIE

- BACHELIER (G.), 1960. — Cité par BACHELIER, 1963.
 BACHELIER (G.), 1963. — La vie animale dans les sols. Ed. O.R.S.T.O.M., Paris, 279 p.
 BALOGH (J.), 1958. — Lebensgemeinschaften der Landtiere. Akademie - Verlag, Berlin, 560 p.
 BANAGE (W.B.) & WISSER (S.A.), 1967. — Microorganisms and nematodes from a virgin bush site in Uganda. *Progress in Soil Biol.* (Ed. by O. Graff and J.E. Satchell), Amsterdam, 93-101.

- BERNHARD-REVERSAT (F.), HUTTEL (C.) & LEMÉE (G.), 1971. — Some aspects of the seasonal ecologic periodicity and plant activity in an evergreen rain forest of Ivory Coast. *C.R. Symp. Trop. Ecol.*, New Delhi, January 1971 (sous presse).
- BLOCK (W.) & BANAGE (W.B.), 1968. — Population density and biomass of earthworms in some Uganda soils. *Rev. Ecol. Biol. Sol.*, 5 (3), 515-521.
- BODOT (P.), 1964. — Etudes écologiques et biologiques des termites dans les savanes de Basse Côte d'Ivoire. In *Etudes sur les Termites africains* (A. Bouillon Ed.), Masson, Paris, 251-262.
- BOUILLON (A.), 1958. — Les Termites du Katanga. *Les Naturalistes Belges*, 39 (6), 198-209.
- BOUILLON (A.), 1969. — Les études de populations de termites éthiopiens. *Rev. Ecol. Biol. Sol.*, 6 (4), 469-482.
- BOUILLON (A.), 1970. — Termites of the Ethiopian Region. In *Termites*, 2, Academic Press Inc., New York, 153-280.
- BOUILLON (A.) & KIDIERI (S.), 1964. — Répartition des termitières de *Bellicositermes bellicosus* rex dans l'Ubangi d'après les photos aériennes. Corrélation écologiques qu'elle révèle. In *Etudes sur les Termites africains* (A. Bouillon Ed.), Masson, Paris, 373-377.
- BULTOT (F.), 1950. — Carte des régions climatiques du Congo belge établies d'après les critères de Köppen. *Public. I.N.E.A.C.*, Bur. Climat, Comm. n° 2, 15 p.
- CASSAGNAU (P.) & MATSAKIS (J.J.), 1965. — Sur l'utilisation des comparaisons multiples en biocénologie édaphique. *Rev. Ecol. Biol. Sol.*, 2 (4), 463-474.
- DAJOZ (R.), 1970. — Précis d'Ecologie. Dunod, Paris, 357 p.
- DELAMARE DEBOUTTEVILLE (C.), 1951. — Microfaune du sol des pays tempérés et tropicaux. Suppl. n° 1 à *Vie et Milieu*, Hermann et C^{ie} Ed., Paris, 360 p.
- DREUX, 1961. — Cité par DAJOZ, 1970.
- EDWARDS (C.A.), REICHLÉ (D.E.) & CROSSLEY (D.A.), 1970. — The role of Soil Invertebrate in Turnover of Organic Matter and Nutrients. Analysis of Temperate Forest Ecosystems (D.E. REICHLÉ Ed.), Chapman & Hall Limited London, 147-172.
- FRESON (R.) & GOFFINET (G.). — Contribution à l'étude de l'écosystème forêt claire (Miombo). Aspect de production primaire de la strate herbacée (En préparation).
- GOFFINET (G.), 1969. — Les Myriapodes du Katanga (Congo Kinshasa). 1. Myriapodes Chilopodes - Famille des Scolopendridae. *Publ. de l'Un. Off. du Congo*, 19, 97-107.
- GRASSE (P.P.), 1929. — Cité par DAJOZ (1970)
- GRASSE (P.P.), 1949. — Ordre des Isoptères. *Traité de Zoologie*, 9, Masson Ed., Paris, 408-544
- GRASSE (P.P.) & NOIROT (C.), 1948. — *C.R. Ac. des Sci.*, 227, 869-871.
- HARRIS (W.B.), 1955. — Termites and the soil. *Soil Zoology* (M.E. Kevan Ed.), London (Butterworths Scientific Publication), 62-72.
- HARRIS (W.B.), 1963. — Isoptera. *Expl. du Parc Nat. de la Garamba*, Mission A. De Saeger, Brux., 42, 3-42.
- KUHNELT (W.), 1969. — Ecologie générale. Masson et C^{ie}, Paris, 359 p.
- MACFADYEN (A.), 1961. — Improved funnel - type extractors for soil arthropods. *J. Anim. Ecol.*, 30, 171-184.
- MAILLET, 1959. — Cité par DAJOZ, 1970.
- MALAISSÉ (F.) & MALAISSÉ-MOUSSET (M.), 1970. — Phénologie de la défoliation. *Bull. Soc. Roy. de Bot. de Belgique*, 103, 115-124.
- MALAISSÉ-MOUSSET (M.), MALAISSÉ (F.) & WATULA (C.), 1970. — Contribution à l'étude de l'écosystème Forêt claire (Miombo). Note 2: Le cycle biologique d'*Elaphrodes lactea* (Gaede) et son influence sur l'écosystème « Miombo ». *Trav. Serv. Sylv. Univ. Off. Congo Lubumbashi*, 8, 10 p.
- MALDAQUE (M.), 1959. — Importance et rôle de la microfaune dans le sol. *Bull. Agric. du Congo Belge*, 50 (1), 5-34.
- MALDAQUE (M.), 1961. — Relations entre le couvert végétal et la microfaune. Leur importance dans la conservation biologique des sols tropicaux. *Public. I.N.E.A.C.*, série Scientifique, n° 90, 122 p.
- NEF (L.), 1957. — Etat actuel de nos connaissances sur le rôle des animaux dans la décomposition des litières de forêts. *Agricultura*, 5 (3), 245-316.
- NYE (P.H.), 1955. — *J. Soil Sci.*, 6 (1), 72-83.
- SANDS (W.A.), 1965. — Mound population movements and fluctuations in *Trinervitermes ebnerianus* (Isoptera, Termitidae, Nasutitermitinae). *Insectes sociaux*, 12, 49-58.
- SYS (C.) & SCHMITZ (A.), 1959. — Notice explicative de la carte des sols et de la végétation du Congo Belge et du Ruanda-Urundi. 9. Région d'Elisabethville (Haut-Katanga). *Publications de l'I.N.E.A.C.*, Bruxelles, 72 p.
- VANNIER (G.) & ALPERN (I.), 1968. — Techniques de prélèvements pour l'étude des distributions horizontales et verticales des microarthropodes du sol. *Rev. Ecol. Biol. Sol.*, 5, 229-239.
- VANNIER (G.) & CANCELA DA FONSECA (J.P.), 1966. — L'échantillonnage de la microfaune du sol. *Terre et vie*, 113, 77-103.
- VOLTZ (P.), 1951. — Untersuchungen über die Mikrofauna des Waldbodens. *Zool. Jahrb., Abt. Syst. Oekol.*, 79, 514-566.

ANNEXE

Données climatologiques du Miombo de la Luiswishi pour la période de novembre 1969 à octobre 1970

	N	D	J	F	M	A	M	Jn	Jt	A	S	O	
$T_{\bar{M}}$	30,6	26,6	28,4	27,0	26,6	30,2	30,2	27,0	28,5	28,7	32,2	30,3	32,2
T_M	36,0	31,3	34,5	33,0	30,5	36,2	38,5	29,0	30,0	32,0	37,0	35,0	38,5
$T_{\bar{m}}$	16,3	16,9	16,8	17,0	15,8	14,3	9,5	7,6	6,7	8,6	10,7	14,4	6,7
T_m	14,3	15,0	15,1	15,5	12,5	11,5	5,0	5,5	3,5	6,0	7,5	11,5	3,5
T	23,4	21,7	22,6	22,0	21,2	22,3	19,8	17,3	17,6	18,6	21,4	22,3	20,8
ΔT	14,2	9,6	11,5	10,0	10,7	16,1	20,8	19,4	21,7	20,1	21,5	15,9	15,9
P	40,4	202,3	268,9	261,0	107,2	5,7	—	—	—	—	0,5	46,4	932,4
$Hr_{\bar{M}}$	100	100	100	100	100	100	100	99,6	99,4	98,6	95,4	96,1	100
$Hr_{\bar{m}}$	51,5	66,1	64,0	70,2	61,0	45,1	32,4	32,4	26,1	25,6	28,5	31,7	25,6
$\bar{Hr}$	75,7	83,0	82,0	85,1	80,5	72,5	66,2	66,0	62,8	62,1	66,9	64,4	72,3
ΔHr	48,4	33,8	35,9	29,7	38,9	54,8	67,6	67,2	73,3	72,9	61,9	64,4	54,0

 $T_{\bar{M}}$: Température moyenne mensuelle maximum T_M : Température maximum absolue $T_{\bar{m}}$: Température moyenne mensuelle minimum T_m : Température minimum absolue T : Température moyenne mensuelle ΔT : Amplitude moyenne mensuelle

P : Précipitations mensuelles

 $Hr_{\bar{M}}$: Humidité relative moyenne mensuelle maximum. $Hr_{\bar{m}}$: Humidité relative moyenne mensuelle minimum. $\bar{Hr}$: Humidité relative moyenne mensuelle ΔHr : Amplitude moyenne mensuelle.

Nous faisons appel à tous nos adhérents pour diversifier les articles en ce qui concerne l'Ecologie Générale, la Vertébrologie, la Botanique, l'Ecologie appliquée, de manière à ce que chaque membre de la Société puisse trouver dans le Bulletin de quoi satisfaire sa curiosité.

MÉTHODES D'ESTIMATION DES POPULATIONS DE NÉMATODES DES SOLS ET DES RACINES

par A. KERMARREC et J.-B. BERGE

Station de Recherches sur les Nématodes — I.N.R.A. - Antibes

I. — INTRODUCTION

Alors que les nématodes extraits des tissus végétaux sont en majorité phytoparasites, ceux extraits du sol peuvent appartenir à des groupes biologiques très divers : phytophages accomplissant dans le sol une partie plus ou moins grande de leur cycle, espèces bactériophages, mycophages, prédatrices ou parasites de l'homme et des animaux.

La proportion des divers groupes varie suivant le type de sol (état physique, chimique ou biologique), la nature du couvert végétal, les techniques culturales, etc.

La connaissance de la population nématologique d'un milieu donné est essentielle tant au point de vue pratique (rendement des cultures) que théorique (écologie et dynamique des populations).

La recherche de l'inoculum d'un sol doit répondre à deux questions l'une qualitative décelant la présence ou l'absence des nématodes phytoparasites dangereux, l'autre quantitative nous indiquant la densité de la population afin de savoir si le seuil de tolérance pour la culture en place ou celle qui est envisagée est dépassé. Du point de vue théorique, il doit nous permettre d'estimer d'une façon valable les populations contenues dans le sol.

Toutes ces raisons font que depuis longtemps les nématologistes ont analysé et comparé entre elles les différentes méthodes d'estimation. La synthèse de

MERNY et LUC (1968) peut servir de base et d'exemple.

En dehors de l'examen direct des nématodes dans leur milieu (le sol ou la plante), qui ne peut fournir de données quantitatives valables, l'estimation d'une population de nématodes comprend un certain nombre d'opérations réparties en trois phases successives :

- a) Échantillonnage dans le champ,
- b) Extraction,
- c) Dénombrement.

Au cours de la première phase, on prélève sur le terrain ou sur les végétaux considérés, un certain nombre d'échantillons supposés représentatifs de l'ensemble. Dans la seconde, on tente d'extraire, par des moyens que nous décrirons, la totalité des nématodes contenus dans des échantillons; enfin dans la troisième, l'extrait ainsi obtenu est concentré et il y est prélevé des parties aliquotes dans lesquelles seront comptés les nématodes.

Les sources d'erreurs ne manquent pas au cours de ces différentes phases. La première se situe au niveau de l'échantillonnage, dont la valeur est liée à la distribution des nématodes in situ, au nombre d'échantillons et à leur taille (MERNY et DUJARDIN, 1970). Cette première étape ne sera pas étudiée ici.

Une seconde source d'erreurs se situe au niveau de l'extraction. Aucune technique ne permet à l'heure actuelle d'extraire la totalité des nématodes contenus dans un échantillon de sol et ceci pour de nombreuses raisons qui seront détaillées ultérieurement.

ment. Si l'on ne peut espérer apprécier rigoureusement la densité réelle, il est possible cependant de prétendre l'approcher et de faire en sorte que la technique élaborée soit fidèle. Il faut toutefois signaler que les fractions extraites ne sont pas les mêmes pour tous les genres de nématodes, en raison des différences de taille, de densité, d'ornementation cuticulaire, de mobilité, etc... entre les différentes espèces.

Une troisième source d'erreurs intervient lors du dénombrement des nématodes extraits. Nous avons testé le comptage à la lame de Peters, couramment effectué en nématologie : l'erreur ainsi décelée est inacceptable pour des faibles populations.

La logique, découlant de l'ordre normal des opérations, voudrait que l'échantillonnage soit expérimenté en premier lieu. Toutefois, ce n'est que lorsqu'on possède de bonnes méthodes d'extraction et de comptage qu'il est possible d'estimer le contenu d'un échantillon. C'est pourquoi nous nous sommes penchés en premier lieu sur les méthodes d'extraction et d'évaluation.

II. — EXTRACTION DES NÉMATODES DU SOL

Les premières méthodes d'extraction des nématodes faisaient appel à la différence de densité existant entre les nématodes et les particules du sol. Malheureusement les argiles et les limons sédimentent aussi très lentement. On obtenait avec ces méthodes des solutions opaques qui ne permettaient qu'une estimation très approximative aussi bien du point de vue quantitatif que qualitatif. Ces méthodes ont été améliorées en déposant les solutions obtenues sur des filtres de cellulose permettant aux nématodes de rejoindre une solution limpide sous le filtre par leurs propres mouvements. Mais il est évident que les nématodes à mouvements lents et ceux à ornements cuticulaires très développées seront en majorité arrêtés par le filtre.

On a essayé d'éliminer ces différents défauts par l'emploi de la méthode appelée communément « centrifugation flottation » qui n'utilise ni le tamisage, ni la mobilité des nématodes. Elle est basée sur le fait que la vitesse de sédimentation des nématodes est réduite à zéro, tandis que les particules de sol décantent rapidement.

CAVENESE et JENSEN (1955) ont mis au point une méthode par centrifugation dérivée de celle élaborée par FAUST *et al.* (1938) qui séparaient ainsi les protozoaires et les œufs de nématodes des excréments animaux. Il faut bien noter qu'ils centrifugeaient un petit volume de sol entier. Dans une première centrifugation dans l'eau, ils éliminent tout matériel de densité inférieure à 1, c'est-à-dire la majorité des particules organiques du sol,

Durée centrifugation 5 minutes,
F.C.R. (1) 2 900 g.

Ce surnageant est jeté et remplacé par une solution de saccharose de manière à avoir une densité de 1,18 (c'est-à-dire 484,5 g/l). On effectue une deuxième centrifugation dans le sucre. Après avoir fait varier la densité et la durée, ils sont arrivés à la conclusion que la densité optimale se situe entre 1,10 et 1,30 et que la centrifugation doit être faite à 4 500 g

MINDERMAN (1956) a décrit une méthode de centrifugation portant sur de très petits échantillons ((0,25 cc) en utilisant une solution de SO^4Mg ($d = 1,25$)

C'est l'équipe belge de d'Herde qui a mis au point d'une manière définitive l'extraction par centrifugation. C'est cette méthode, à laquelle nous avons apporté quelques variantes minimes, que nous avons utilisée.

Dans nos essais nous avons comparé la méthode de centrifugation-flottation dans le sucre, à celle utilisée auparavant c'est-à-dire la technique de décantation et tamisage décrite par DALMASSO (1966)

(1) F.C.R. = force centrifuge relative qui est fonction du diamètre de la centrifugeuse et de la vitesse de rotation.
F.C.R. = $1\,118\,RN^2\,10^{-4}$ R en mètre, N en tr/min, F.C.R. en g.

et qui se terminait par un « filtrage » des formes mobiles à travers un papier de type « kleenex ».

Les deux méthodes ont un préalable commun qui est la séparation du maximum de particules du sol et des nématodes. Pour cela on fait passer l'échantillon au travers d'un tamis de 1 mm de maille grâce à un jet d'eau à forte pression. Ce tamis retient les débris végétaux de grosse taille et les graviers. La solution recueillie dans un seau est passée plusieurs fois au travers d'un tamis de 40 μ de maille de manière à retenir le maximum de nématodes et le minimum de particules du sol. Le tamis est rincé dans un verre à pied. C'est cette solution qui sera soit centrifugée, soit mise sur un kleenex.

Dans une solution de saccharose de densité 1,18 les nématodes sont plasmolysés, c'est pourquoi ils doivent rester le moins longtemps possible dans

A titre indicatif, signalons qu'un nématode « moyen » a un diamètre de 15 μ pour une longueur de 700 μ . Il n'est pas moins vrai qu'un *Longidorus* peut atteindre 30 μ sur 2 500 μ et qu'à l'autre extrémité les larves de *Tylenchulus semipenetrans* ou de *Meloidogyne* sp ne mesurent que 8 à 10 μ sur 200 à 400 μ . On voit ainsi qu'un tamis qui arrêtera des *Longidorus* ou *Xiphinema* ne sera pas aussi efficace pour des larves de phytoparasites très importants, bien que du même point de vue les *Xiphinema* et *Longidorus* aient une importance dans les dépérissements de certaines cultures.

A titre d'exemple nous pouvons donner le tableau suivant des pertes de *T. semipenetrans* au travers de 9 tamis, de 20 μ , superposés. A noter que dans cet essai on est parti d'une solution propre de nématodes dans l'eau, donc sans problème de colmatage

TABLEAU I

N° d'ordre des tamis du haut vers le bas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Restant
Nbre de <i>T. semipenetrans</i> récupérés sur chaque tamis	4 700	1 690	1 618	1 973	1 144	714	384	199	127	1 330

cette solution. Dès la fin de la centrifugation on les récupère donc sur un tamis de 5 μ de maille et on rince avec de l'eau normale afin que puisse rapidement intervenir la déplasmolyse.

Ces deux méthodes sont ici comparées tout en essayant de réduire les pertes au maximum soit lors des tamisages, soit lors des centrifugations.

A. — IMPORTANCE ET NATURE DES PERTES LORS DU TAMISAGE.

Les tamis utilisés au laboratoire au début de nos essais étaient de 63, 50 et 44 μ de maille. Il est évident que les tamis de 63 μ ont l'avantage de ne pas se colmater alors qu'avec les deux autres ce problème devient important, cependant dans ces derniers cas, la perte en nématodes est nettement inférieure.

Le « restant » n'est dû qu'aux fuites survenues entre les tamis. On remarque qu'au travers de trois tamis de 20 il passera autant de nématodes que l'on en recueille.

La question des entremailles du tamis est donc essentielle et est liée à celle du colmatage. Afin de diminuer ce phénomène nous employons un « vibromixer » qui fait vibrer deux tamis superposés, le tamis supérieur ayant 40 μ de maille et celui de dessous ayant 20 μ . Sans attendre la décantation des limons et argiles dans le seau, on verse le contenu du seau sur les tamis et on agit sur la fréquence de vibration afin d'éviter le colmatage. La solution passant au travers des tamis est récupérée dans un seau et retamisée une seconde fois sans décantation. On répète cette opération quatre fois afin de connaître le nombre minimum d'opérations nécessaires.

Les nématodes de chaque passage au travers des tamis et de chaque tamis sont alors récupérés et comptés.

Les résultats obtenus pour l'ensemble des nématodes sont les suivants (tableau 2) :

TABLEAU II

Nématodes récupérés sur	1er tamisage	2ème tamisage	3ème tamisage	4ème tamisage
tamis 40	13 067	1 157	64	11
tamis 20	1 325	55	14	26
seau	496	19	3	12
Totalité	14 888	1 231	81	49

Il y a une contradiction entre cet essai et les résultats précédents mais elle n'est qu'apparente, en effet dans cet essai, nous n'avions ni *Tylenchulus semipenetrans*, ni *Meloidogyne*. Cependant on constate d'emblée que les pertes au travers du tamis de 40 μ sont quasiment négligeables et que, grâce au vibrage des tamis, il est inutile de faire plus de 2 tamisages. Ceci provient du fait qu'avec des sols très colmatants on doit laisser décanter une forte proportion de particules et les nématodes descendent en nombre élevé pendant ce même temps. Grâce à la vibration la décantation est évitée.

Les pertes ont été analysées pour chaque genre contenu dans le sol utilisé dans cet essai, mais ceci seulement pour les deux premiers tamisages au travers d'un tamis de 40 μ .

On voit que les pertes sont fonction surtout de la taille du nématode. Elles varient, à peu près, dans le même sens pour les deux décantations. En ce qui concerne le nombre de décantations, lors de la première on récupère 85,5 % des nématodes totaux extraits, lors de la deuxième on obtient 12,4 %, les 2,1 % restant n'étant extraits qu'avec deux décantations et tamisages supplémentaires.

Les conditions d'utilisation du tamis de 20 μ n'ont pas été étudiées. Il y a à cela une raison : il est en effet impossible de l'employer pour des sols argilo-limoneux, c'est-à-dire la plupart des sols, sans qu'il y ait un phénomène de colmatage.

Conclusions relatives aux pertes :

Le tableau I nous montre que les pertes en nématodes de petite taille ne pourront jamais être supprimées tant que l'on aura recours aux tamisages à moins d'utiliser des tamis de maille inférieure à 20 μ qui augmentent encore le colmatage, déjà très important avec cette entremaille.

Pour les analyses de population, on peut employer une autre méthode qui consiste, au lieu de tamiser les solutions contenues dans le seau, à prélever directement, dans celui-ci une partie aliquote de 300 cc (maximum centrifugeable par nos appareils). Ces 300 cc sont centrifugés directement. Cette méthode, bien que plus rigoureuse et fidèle, ne peut pas être employée dans les analyses de détection de néma-

TABLEAU III

Genres	1ère décantation			2ème décantation		
	Nématodes		%	Nématodes		%
	récupérés	perdus		récupérés	perdus	
<i>Tylenchus</i>	3 414	352	10,5	167	11	8,5
<i>Spiralés</i>	6 538	316	5,4	364	9	3,4
<i>Pratylenchus</i>	397	63	17,0	7	1	12,5
<i>Cricematinæ</i>	761	47	6,4	75	2	11,3
<i>Paratylenchus</i>	1 858	386	21,4	110	7	6,7
<i>Xiphinema</i>	312	27	7,8	28	0	0

todes phytoparasites car elle ne permet la récupération que de l'équivalent d'une population contenue dans 100 g de sol, ce qui constitue un échantillon trop restreint pour des parcelles qui couvrent souvent quelques hectares. Elle convient cependant pour l'étude d'échantillons déjà connus au point de vue qualitatif et sa portée est plutôt théorique.

Le système 40 μ et 20 μ est utilisable quand on veut réduire les pertes au maximum. Sous ces deux tamis on ne perd en effet que 2,5 % de l'ensemble de la nématofaune.

B. — ETUDE DE LA CENTRIFUGATION.

Le principe de cette méthode a été décrit précédemment, à l'exception des quelques modifications suivantes :

— Pas de travail sur le sol brut, ce qui donne de très mauvais rendements du fait que les nématodes sont entraînés dans le culot par les particules du sol. L'extraction est faite sur le produit du tamisage d'une suspension du sol.

— Utilisation des tamis vibrés, avec deux mises en suspension.

Nous avons étudié les différentes phases de la centrifugation c'est-à-dire : perte lors de la centrifugation dans l'eau et nombre de nématodes laissés dans le culot après la centrifugation dans le sucre. A une accélération de 1 800 g les pertes dans l'eau se distribuent autour d'une moyenne de 5 %. Elles dépendent évidemment de la densité des nématodes

La décantation du culot ne peut se faire qu'en présence de kaolin qui « colle » les argiles et limons au fond du tube à centrifugation. Ceci évite la désaggrégation du culot quand on verse le surnageant.

Pour les spirales (*Helicotylenchus* et *Rotylenchus*) ainsi que les *Tylenchus* qui sont des nématodes moyens, les pertes sont inférieures à 5 %.

Les *Criconeema* ou Criconematinæ en général répondent mieux à la centrifugation. Ces nématodes sont parmi les plus denses. Ces pertes estimées, par rapport à la population totale (eau + sucre) sont négligeables

Processus de la méthode de centrifugation :

Une suspension de sol (non décantée) est versée sur les tamis superposés et vibrés (40 et 20 μ). Le résidu restant sur les tamis, après l'écoulement du liquide au travers de ceux-ci, est recueilli dans un verre à pied par rinçage. Le rinçage doit se faire avec un volume d'eau de 250 cc au maximum, sinon on est contraint d'employer deux godets à centrifugation, ce qui augmente le temps nécessaire à l'extraction.

Après avoir ajouté du kaolin, on équilibre deux à deux les pots destinés à être diamétralement opposés sur le rotor. Lorsque les godets sont à leur place, on mélange le kaolin dans la suspension on centrifuge alors pendant 4 minutes à 1 800 g.

A l'arrêt de la centrifugeuse on vide le surnageant eau, soit dans l'évier si la perte d'un très faible pourcentage de nématodes n'est pas jugée importante, soit dans un verre à pied lorsque l'on désire avoir le maximum d'individus.

On rééquilibre les godets avec la solution sucrée et après avoir homogénéisé avec beaucoup de soin, on centrifuge à nouveau pendant une minute à 700 g.

Le surnageant est versé sur trois tamis superposés de 20 μ de maille (dans le cas de l'essai avec *Longidorus* et *Xiphinema*) ou neuf (dans le cas de l'essai *Tylenchulus semipenetrans*).

TABLEAU IV

Nématodes	Moyenne des pertes (en %)
<i>Tylenchus</i>	3,9
<i>Spiralés</i>	4,3
<i>Pratylenchus</i>	6,2
<i>Criconeema</i>	+
<i>Paratylenchus</i>	9,5

Chaque tamis est rincé, avec le jet, dans un verre à pied. On utilise le jet fabriqué au moyen d'un nez de pulvérisateur qui permet de rincer avec une grande pression et un petit volume de liquide. Nous verrons, en effet, que l'erreur faite au comptage est fonction de la densité en nématodes.

Les suspensions de nématodes ainsi obtenues sont conservées une heure au minimum avant l'examen, afin de permettre une déplasmolyse complète des nématodes.

Nous avons donc comparé les deux méthodes, centrifugation et kleenex, dans deux cas extrêmes :

a) pour les grands nématodes *Xiphinema mediterraneum* et *Longidorus macrosoma*.

b) pour les petits *Tylenchulus semipenetrans* (larves mobiles du 2^e stade et *Paratylenchus* sp (larves et adultes).

Il sera aisé à partir des résultats obtenus pour ces deux extrêmes d'extrapoler pour les nématodes moyens.

a) Extraction de *Xiphinema mediterraneum* et *Longidorus macrosoma*.

Lors de cet essai, nous avons testé plusieurs densités de solution sucrée c'est-à-dire densité de 1,18, 1,22 et 1,25. De plus nous avons centrifugé 5 fois le même godet dans la solution sucrée afin de chiffrer les pertes dans le cas d'une seule centrifugation. Dans le cas de la technique du kleenex, nous avons laissé « descendre » les nématodes pendant 7 jours en analysant le contenu des passages chaque trois jours.

Le tableau V représente les résultats chiffrés pour les deux méthodes.

TABLEAU V

Opérations \ Densité solution	<i>X. mediterraneum</i>			<i>L. macrosoma</i>		
	1 18	1 22	1 25	1.18	1.22	1.25
Centrifugation Contenu de l'eau	17	32	9	21	13	8
1ère centrifugation dans le sucre	136	279	288	118	169	217
2ème " "	53	81	85	39	50	41
3ème " "	23	46	50	11	19	20
4ème " "	33	31	38	8	15	9
5ème " "	14	17	25	6	8	2
Kleenex récupération après 3 jours	71			128		
6 jours	44			24		
9 "	80			11		
12 "	5			0		
15 "	2			4		
18 "	1			2		
21 "	0			0		
28 "	0			1		

1) Etude des pertes dans l'eau.

	<i>Xiphinema mediterraneum</i>			<i>Longidorus macrosoma</i>		
	1,18	1,22	1,25	1,18	1,22	1,25
Total	28,58	28,42	9,92	45,22	20,58	13,69
%	5,71	5,68	1,98	9,04	4,12	2,73

Ces chiffres représentent les pourcentages de pertes par rapport à la totalité des nématodes obtenus. La diminution, suivant les densités employées, provient du fait qu'on obtient beaucoup plus de nématodes dans les centrifugations au sucre.

Comme pour l'ensemble des nématodes on peut voir qu'il y a une perte moyenne dans l'eau de 4 % pour les grands nématodes.

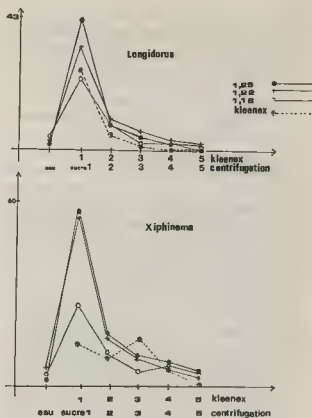
2) Action des densités sur la récupération des nématodes (tableau V).

L'analyse statistique montre une différence significative entre les densités de sucre, mais les variations de ces différences ont des significations pour les deux nématodes.

— Pour *X. mediterraneum* à $P = 0,01$ l'extraction à une densité de 1,18 est inférieure à celle de $d = 1,22$ cette dernière n'est pas différente de celle à 1,25.

— Pour *Longidorus* à $P = 0,01$ la densité 1,25 est plus efficace que celle à 1,22 qui l'est à son tour, plus que celle à 1,18.

Par contre si l'on fait intervenir la 2^e centrifugation dans le sucre à chaque densité, les différences deviennent inexistantes entre les densités. Ceci provient du fait que les différences dans la 2^e centrifugation au sucre sont absolument nulles. On explique cela par le fait qu'il ne reste plus assez de nématodes à 1,25 pour que l'extraction soit plus efficace qu'à 1,18 ou 1,22 (graphique 1). On s'aperçoit d'après le graphique 1 que si les 3^e, 4^e et 5^e centrifugations dans le sucre sont absolument inutiles, il peut être nécessaire, dans certains cas d'étude de dynamique de populations ou d'étude très fine, de pousser jusqu'à une 2^e centrifugation dans le sucre.



GRAPHIQUE 1

En ce qui concerne la comparaison par rapport à la méthode du kleenex, il n'y a aucune différence entre la 1^{re} « descente » et la centrifugation dans une solution de densité 1,18. Par contre à la densité de 1,22, on récupère plus de *X. mediterraneum* que par le filtrage du kleenex. Pour *L. macrosoma*, il faut une densité de 1,25 pour que les différences soient marquées ou bien il faut centrifuger 2 fois à une densité de 1,22.

Ces résultats sont tout à fait logiques étant donné que les *L. macrosoma* sont beaucoup plus denses que les *X. americanum*.

En fait nous avons opté pour la densité 1,22, car à 1,25 les rendements sont bons, mais les nématodes qui se dépolysent sont remplis de vacuoles, ce qui est gênant pour les études anatomiques.

b) Extraction de *Tylenchulus semipenetrans* (L) et *Paratylenchus* groupe *curvatus* (larves et adultes).

Ces nématodes sont très petits et il est difficile d'évaluer les pertes sur tamis. Toutefois cet inconvénient est éliminé par suppression du tamisage.

Nous avons établi un protocole identique en bien des points au précédent. La phase de la centrifugation est la même, il n'a cependant été effectué que trois centrifugations consécutives dans le sucre. Les comptages ont été réalisés par dénombrement des *T. semipenetrans* au stade larvaire II, des *Paratylenchus* sp. aux stades adultes et larvaires et de tous les « autres » nématodes ensemble.

L'homogénéisation des échantillons est effectuée en milieu liquide après le passage du sol brut au travers du tamis de 1 000. La suspension ainsi obtenue dans le seau est passée dans un diviseur très simple : un sac plastique posé sur le tranchant d'une planche et dont les deux coins inférieurs ont été coupés. Chacun de ces coins surplombe un seau. Le liquide recueilli dans chaque seau est pesé, afin de pondérer exactement les résultats de chacune des deux méthodes avec le poids de suspension de sol-nématode utilisé.

Les résultats enregistrés sont groupés dans le tableau VI.

Ces résultats récapitulent 18 répétitions. Pour la détection des faibles populations de *Paratylenchus* sp. sur les 18 échantillons passés au travers du kleenex, 7 seulement ont permis de déceler la présence de *Paratylenchus*. Par contre à la centrifugation 2 échantillons seulement ont donné une réponse négative. Sur ces deux échantillons on a permis de déceler les *Paratylenchus* à la troisième centrifugation.

Les pourcentages de petits nématodes récupérés dans l'eau sont très faibles, 1 % en moyenne. Ceci est compréhensible, car ces nématodes de faible surface ont une densité qui est relativement élevée.

La seconde centrifugation dans le sucre paraît dans ce cas indispensable (graphique 2). En effet,

TABLEAU VI

	Nématodes		
	<i>T. semipenetrans</i>	<i>Paratylenchus</i>	Autres
Récupération dans 1 kg de solution			
Eau 1ère centrifugation	36	3	256
Sucre 1ère centrifugation	2 139	148	4 210
Sucre 2ème centrifugation	857	89	1 103
Sucre 3ème centrifugation	323	24	401
Kleenex 1ère descente après 4 jours	947	23	2 218

on récupère 26 % des *T. semipenetrans* totaux, 33 % des *Paratylenchus* sp. et 18 % du reste de la nématofaune. Ces chiffres sont trop élevés pour négliger cette opération supplémentaire.

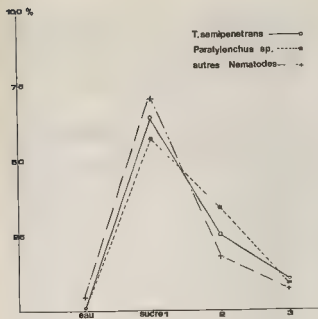
Quant à la comparaison entre la centrifugation et le filtre elle est nettement à l'avantage de la centrifugation, tant sur le plan quantitatif que qualitatif.

c) Conclusion au chapitre sur les méthodes d'extraction.

Voici les avantages qui découlent de l'utilisation de la méthode de centrifugation-flottation.

1) En premier lieu, elle est très rapide. On obtient la réponse à une analyse le jour même de la réception de l'échantillon (il fallait avec le filtre au minimum trois jours). Mais dans un laboratoire bien organisé le temps moyen passé sur un échantillon n'est pas limitatif de l'utilisation de la méthode.

2) Le second avantage est le rendement bien supérieur au point de vue quantitatif et qualitatif. Comme nous l'avons vu les pertes les plus importantes se situent au niveau du tamisage. A l'heure actuelle le tamisage des solutions sucrées centrifugées



GRAPHIQUE 2

est réalisé au travers de tamis de 5μ . Les pertes sont ainsi diminuées surtout dans les solutions d'une pression osmotique aussi importante où les nématodes ont des dimensions inférieures à la normale. Pour éviter de tamiser des nématodes plasmolysés la solution de sucre contenant les nématodes est versée avant tamisage dans un verre à pied rempli à moitié d'eau normale, afin de diminuer le plus rapidement possible la concentration en sucre.

3) Grâce au kaolin les solutions que l'on examine sont propres. Ceci facilite le travail de reconnaissance à la loupe binoculaire et évite des erreurs grossières.

4) Cette méthode est plus propice à une standardisation que les méthodes anciennes.

5) La centrifugation-flottation permet la récupération des œufs et évite en partie leur éclosion davantage que par la technique des filtres où les œufs se trouvent dans des conditions de température et d'humidité favorables à leur évolution.

6) Un seul défaut peut être imputé à cette méthode. On peut lui reprocher la déplasmolyse imparfaite du matériel (cavitations internes), mais peu de spécimen se trouvent affectés à une densité de

1,22. On notera également que les nématodes extraits de cette manière sont capables de se reproduire. De même les œufs ne perdent pas dans l'ensemble leur faculté de développement. Evidemment il est préférable que le séjour dans la solution sucrée à une densité de 1,22, soit le plus rapide possible.

III. — LE COMPTAGE DES NÉMATODES

Après avoir extrait les nématodes du sol, il faut les dénombrer. Cette opération s'effectue dans la suspension recueillie après le tamisage au 5μ du surnageant sucré provenant de la centrifugation. Cette solution est en général très limpide. Parfois cependant on peut être quelque peu gêné par des matières organiques qui n'ont pu être éliminées avec le surnageant liquide de la première centrifugation.

Le comptage des nématodes en suspension dans l'eau consiste à examiner des parties aliquotes de la population totale. Si chaque partie aliquote contient un trop petit nombre d'animaux, la variation d'un échantillon à l'autre sera grande et les échantillons ne seront pas représentatifs du total. Si elles en contiennent trop, les comptages seront long, difficiles et entachés d'erreurs. Il existe une densité optimale où l'erreur est minimale.

Cette erreur a deux origines : échantillonnage de la partie aliquote par rapport à la population totale et erreurs de comptage (opérateur inexpérimenté, fatigué ou encore gêné par des solutions surpeuplées).

Le comptage en totalité est souvent une méthode longue et pénible. Celui en parties aliquotes est banal et ne requiert que l'usage d'un appareillage simple et adapté à la taille des animaux.

A. — LE COMPTAGE EN PARTIES ALIQUOTES.

A partir d'une suspension de nématodes dans l'eau, homogénéisée par agitation, ou mieux, par

circulation d'air sous pression, le problème de l'estimation de la population qu'elle contient revient à déterminer la taille des parties aliquotes sur lesquelles le comptage sera effectué et à disposer du matériel approprié pour qu'il se fasse le plus rapidement possible avec un risque d'erreur minimum.

PETERS (1952) a étudié pour l'évaluation d'une population de *Turbatrix aceti* un modèle de lame couramment utilisé. La lame à compter de PETERS rappelle l'hématimètre, le volume compris au-dessus du quadrillage (volume unique dans lequel on compte les nématodes) est de 1 cc.

On connaît divers autres types de lames à compter, toutes fondées sur le même principe. Citons celles de FENWICK (1951) qui comprend plusieurs lames de PETERS collées ensemble et celles de WILLIAMS et WINSLOW (1955).

Il est préférable d'utiliser des coupelles ouvertes quand on veut prélever certains spécimens dans la solution en cours de comptage. On capture les animaux avec un cure dent à extrémité pointue ou une aiguille de bambou montés sur un manche.

Les résultats obtenus par PETERS lors de la mise au point de la lame montrent qu'il y a dans des séries de quatre comptages dans un échantillon de 20 cc prélevés dans une population totale de 100 cc, une probabilité légèrement inférieure à 14 % pour que le χ^2 d'un groupe de 4 comptages soit supérieur à la limite permise pour être considérée comme appartenant à la même distribution de Poisson. La variabilité des résultats est quelque peu supérieure à celle que l'on pourrait attendre théoriquement et il est souhaitable de faire plus de quatre comptages.

Sur la base des résultats de PETERS, nous avons voulu approfondir le problème de l'exactitude du comptage. En fait, en présentant sa lame, PETERS n'a fait que comparer les résultats des lames entre elles (appartenance à la même distribution de chaque carreau de la lame), mais n'a pas encore à notre connaissance étudié l'erreur entraînée par l'échantillonnage que le contenu de ces lames représente par rapport à la totalité.

Au cours de l'étude de la centrifugation, nous avons remarqué en faisant des comptages à la lame

et des comptages en totalité, que les résultats obtenus par les lames de PETERS (4 fois) donnaient un chiffre bien au-dessus de la réalité. Nous avons analysé cette erreur et recherché ensuite une méthode susceptible de mieux approcher la population réelle.

1^{er} essai : Tableau VII.

Le tableau suivant donne les populations totales sur lesquelles nous avons travaillé :

La population totale se répartit de la façon suivante :

Nématodes divers	106
<i>Tylenchus</i>	70
<i>Tylenchorhynchus</i>	31
<i>Meloidogyne</i>	1
<i>Spirales</i>	109
<i>Pratylenchus</i>	100
<i>CriconeEMATINAE</i>	103
<i>Paratylenchus</i>	18
<i>Aphelenchus</i>	24
<i>Aphelenchoides</i>	3
Dorylainiides divers	37
<i>Xiphinema</i>	54
<i>Diphtherophora</i>	3
<i>Mononchides</i>	9
Total	697

Analyse du comptage de très faibles populations.

Le tableau VII donne le nombre d'individus par lame lorsque la solution contient 697 nématodes dans 100 cc et ceci pour 20 lames comptées successivement.

Cette analyse paraît à première vue assez aléatoire, mais on peut remarquer que les très fortes erreurs sont faites par les genres qui sont représentés par 1 à 2 spécimens par lame.

L'erreur pour la population totale est tellement grossière qu'il est impossible d'employer un tel mode de comptage pour des solutions aussi peut concentrées en nématodes. C'est pourquoi nous avons concentré ces solutions pour avoir un nombre de nématodes au centimètre cube double ou quadruple. Les résultats sont présentés sous la forme des tableaux VIII et IX.

TABLEAU VII
Comptage dans 100 cc
Numéro d'ordre de la lame

Genres ou groupes de genre	Nombre théorique à trouver	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Moyenne par lame
Divers non identifiés	1 à 2	1	2	1	5	2	2	1	2	1	3	1	3	2	4	2	0	4	1	0	2	1,9
<i>Tylenchus</i>	0 à 1	5	2	2	0	6	1	2	4	1	1	1	2	4	1	1	2	1	2	0	3	2,2
<i>Tylenchorhynchus</i>	0 à 1	1	2	0	2	1	1	0	2	1	3	2	2	2	3	4	2	4	2	0	2	0,9
<i>Meloidogyne</i>	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4
<i>Spiralés</i>	1	2	1	2	2	1	3	0	2	1	3	2	2	2	3	4	2	4	2	0	2	2
<i>Pratylenchus</i>	1	1	4	1	1	2	2	1	0	3	0	0	2	1	1	1	2	1	1	5	3	1,6
<i>Criconematinae</i>	1 à 2	3	5	4	4	1	2	0	4	0	5	1	1	6	6	2	1	4	4	6	3	3,1
<i>Paratylenchus</i>	+	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	+
<i>Aphelenchus</i>	+	1	0	0	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	+
<i>Aphelenchoides</i>	+										1	3						2		1		+
Dorylaimides divers	0 à 1	1	0	1	3	2	0	1	3	2	0	2	0	1	4	2	0	1	0	1	0	1,2
<i>Xiphinema</i>	0 à 1	2	0	0	0	2	0	1	0	1			1		1		1	2		1	1	0,7
<i>Diphtherophora</i>	+					1							1									+
<i>Mononchides</i>	+									1			1									+
Totalité	6 à 8	18	16	12	17	18	11	7	17	16	16	10	16	19	23	16	10	21	14	14	18	16

On peut se rendre compte d'après ces résultats que même la moyenne de 20 lames reflète un excès de population que l'on ne peut pas négliger. En effet à une concentration de 700 nématodes dans 100 cc, on trouve une population double de celle que l'on devrait trouver. Pour un concentration double, c'est-à-dire 1 400 nématodes dans 100 cc, on trouve 16 nématodes par cc au lieu d'en trouver 10. Si on multiplie encore la population par deux, c'est-à-dire 2 800 nématodes par 100 cc, on trouve 15 nématodes par cc au lieu d'en trouver 10 (graphique 3).

On pourrait, en augmentant la population de nématodes, arriver à connaître la concentration minimale en nématodes pour un comptage exact. PETERS pensait que l'optimum se situe entre 10 000 et 20 000 nématodes pour 100 cc. De telles populations se rencontrent très rarement. Une solution moyenne contient environ de 5 000 à 7 000 néma-

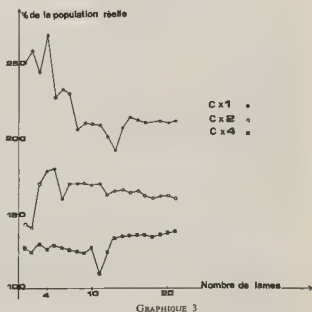


TABLEAU VIII
Comptage dans 50 cc (concentration $\times 2$)
Numéro d'ordre de la lame

Genres ou groupes de genre	Nombre théorique à trouver	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	moyenne
Divers	2	2	5	4	4	5	3	1	3	0	3	1	6	3	1	3	3	1	0	4	4	2,8
<i>Tylenchus</i>	1 à 2	4	2	5	5	1	0	4	1	4	3	3	4	0	4	1	2	1	1	5	1	2,5
<i>Tylenchorhynchus</i>	0 à 1	2	0	2	2					1	2			1	2	1		2	3		2	1
<i>Meloidogyne</i>	+																					
<i>Spiralés</i>	2	2	1	5	1	5	4	2	4	3	5	1	1	4	4	0	4	2	2	6	3	2,9
<i>Pratylenchus</i>	2	2	3	6	3	6	3	3	6	2	0	1	2	3	3	1	5	2	2	2	6	3
<i>Criconeimatinæ</i>	2 à 2,5	3	1	4	7	4	4	4	6	6	8	6	3	10	11	8	6	4	7	4	3	5,4
<i>Paratylenchus</i>	+	0	2			1		1			1	1		1		1		1	2			0,5
<i>Aphelenchus</i>	0,5		1	1	1	2	1	3	0	2	0	1	1	0	2	1	2	0	1	2	2	1,1
<i>Aphelenchoides</i>	+				1			2	1	2				1							1	0 à 0,5
Dorylaimides divers	0,5 à 1	1	1	4	2	1	0	1	1	1	0	4	0	0	2	2	0	1	0	1	1	1,1
<i>Xiphinema</i>	1	3	2	1	2	2	1	0	2	0	0	0	2	0	0	1	1	2	0	0	0	1
<i>Diphtherophora</i>	+					1			1								1	1				+
<i>Mononchides</i>	+	1	1					2	1								1					+
Totalité	13,5-14,5	18	19	32	28	27	17	23	25	22	22	18	19	23	29	19	25	17	18	24	24	22,4

TABLEAU IX
Comptage dans 25 cc (concentration $\times 4$)
Numéro d'ordre de la lame

Genres ou groupes de genre	Nombre théorique à trouver	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	moyenne
Divers	4,2	3	6	4	2	8	3	8	6	5	9	6	9	10	9	4	4	7	5	9	7	6,2
<i>Tylenchus</i>	3,2	6	4	6	4	4	2	3	3	3	4	4	5	4	5	2	2	4	4	4	5	3,9
<i>Tylenchorhynchus</i>	1,4	3	4	1	1	2	4	1	2	0	3	0	3	2	1	3	0	1	3	2	2	1,8
<i>Meloidogyne</i>	+																					+
<i>Spiralés</i>	4,4	3	3	3	9	2	4	4	5	6	10	5	8	3	4	7	9	2	6	6	11	5,5
<i>Pratylenchus</i>	4	4	4	9	5	9	4	5	4	6	1	5	4	3	5	12	5	4	1	8	9	5,5
<i>Criconeimatinæ</i>	5,3	8	5	8	4	7	6	2	8	5	5	7	9	14	9	9	8	2	1	3	6	6,3
<i>Paratylenchus</i>	0 à 1	1	2	1	3	0	2	3	4	1	2	1	1	3	2	0	0	4	1	1	1	1,7
<i>Aphelenchus</i>	1	1	2	3	0	2	1	0	1	0	2	0	4	2	3	0	2	1	0	1	0	1,2
<i>Aphelenchoides</i>	+	1								1			1	1	1			3		1	2	0,5
Dorylaimides divers	1,5	2	1	4	0	2	2	3	0	5	1	0	3	3	1	1	0	1	4	1	1	1,8
<i>Xiphinema</i>	2	1	2	1	1	1	4	1	1	1	4	2	4	2	4	1	3	4	1	1	2	2,5
<i>Diphtherophora</i>	+	2			1		2				2						1	1		1	1	0,5
<i>Mononchides</i>	+	1			1	2			1		1	1				1						+
Totalité	28	36	33	40	31	40	34	30	35	33	44	31	51	47	44	31	34	33	27	38	46	37

todes pour 100 cc. Le comptage à la lame entraîne donc une grande erreur à l'estimation du niveau d'infestation

Pour pallier cet inconvénient nous avons testé des prises d'échantillons à partir d'un volume plus important (5 cc, 10 cc, et 20 cc). Les résultats sont enregistrés dans le tableau X.

Le graphique 4 rend compte de l'estimation par ce moyen de la population totale. On constate qu'une prise d'échantillon de 5 cc surestime en moyenne la population de 1 nématode pour 10 nématodes réels. Ce n'est pas beaucoup. En bref, les comptages devront être faits de la manière suivante :

1) Estimation grossière de la population.

2) Si cette estimation montre un niveau de population suffisant, on fera quatre comptages à la lame, sinon on comptera directement 5 cc de « solution » homogénéisée de nématodes.

Il est aussi intéressant d'étudier la vitesse d'apparition des différents genres de nématodes dans les

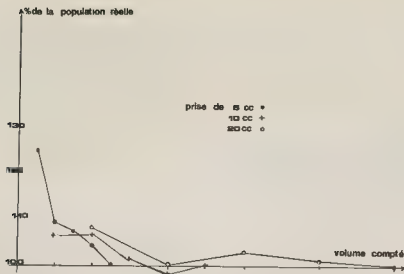
comptages. Ceux-ci apparaîtront tous si leur nombre d'individu est élevé. Or, il existe certains nématodes pour lesquels la présence d'un seul individu est considérée comme dangereuse pour les plants aux dépens desquels il se nourrit (vecteur de virus, endoparasite...). D'après le graphique 5, on s'aperçoit qu'il est alors nécessaire de compter un nombre assez élevé de lames pour avoir une image exacte de la composition faunistique.

Conclusion.

Le premier essai montre que l'on surestime en général la population. Chaque pipetage donne 2,5 fois plus de nématodes que ce que la solution en contient en réalité. Plus on augmente la densité d'une suspension de nématodes, plus la lame de PETERS donne une représentation exacte de la population. Pour obtenir un résultat valable en ce qui concerne les corrections de comptage, il faudrait faire plusieurs

TABLEAU X
Prises d'échantillons

Genres ou groupes de genre	5 cc -							10 cc -							20 cc -						
	Nombre théorique à trouver	1 ^{ère} prise	2 ^{ème}	3 ^{ème}	4 ^{ème}	5 ^{ème}	$\bar{m}$	Nombre théorique à trouver	1 ^{ère}	2 ^{ème}	3 ^{ème}	4 ^{ème}	5 ^{ème}	$\bar{m}$	Nombre théorique à trouver	1 ^{ère}	2 ^{ème}	3 ^{ème}	4 ^{ème}	5 ^{ème}	$\bar{m}$
Divers	5 à 6	7	6	9	4	7	7	10 à 11	10	11	12	6	7	9	21 -	24	21	20	14	26	21
Tylenchus	3 à 4	2	2	4	2	2	2	7	7	8	7	3	5	6	14	16	11	17	11	15	14
Tylenchorhynchus	1 à 2	4	1	2	1	1	2	3	6	9	2	3	2	4	6	5	4	13	2	7	6
Meloidogyne	+	1			1		+	+						+	+	0	1	0	0	0	+
Spiralés	5 à 6	6	3	4	0	1	3	10 à 11	6	5	8	6	14	8	21 à 22	31	20	24	22	12	21 à 22
Pratylenchus	5	5	7	2	5	6	5	10	14	6	8	11	9	10	20	19	17	23	19	22	20
Criconematinae	6 à 7	7	6	9	8	7	7	13	17	22	9	11	19	16	26 à 27	28	20	22	34	28	26 à 27
Paratylenchus	1	1	2	2		1	1	1 à 2	4	2	1	2	3	2	3 à 4	6	2	4	4	2	3 à 3
Aphelenchus	1 à 2	3	5	8	3	3	4	2 à 3	1	0	5	7	2	3	5	7	1	5	5	6	
Dorylaimides divers	1 à 2	3	1	3	1	1	2	3 à 4	4	6	6	5	1	4	7 à 8	8	8	7	5	9	7 à 8
Xiphinema	2 à 3	1	2	1	5	1	2	5 à 6	5	3	6	2	8	5	10 à 11	9	14	9	15	7	10 à 11
Diphterophora	+		1				+	+	0	1				+	0 à 1	2	0	1	0	0	0 à 1
Mononchides	+			1		1	+	0 à 1	0	1	0	1	2	1	1 à 2	1	1	3	1	3	1 à 2



GRAPHIQUE 4

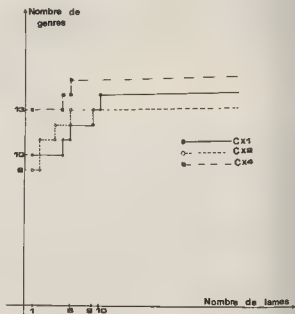
autres concentrations. On ne peut tirer aucune conclusion en ce qui concerne les corrections avec 3 concentrations seulement.

Enfin, il est montré que la représentation de la population est dans une limite d'erreur raisonnable pour des prises de 5, 10 et 20 cc.

Les principes de statistiques nous apprennent que pour un même volume examiné, il est préférable de faire 10 prélèvements de 1 cc plutôt qu'un seul de 10 cc. Nous pouvons dire, d'après nos résultats, que la somme de multiples prises d'essai de 1 cc (jusqu'à 20) n'est jamais représentative d'une population, qu'une prise de 5 cc ne l'est pas toujours et qu'enfin les prises de 10 et 20 cc le sont suffisamment. Ceci peut s'expliquer du fait que l'échantillonnage au moyen d'une pipette perturbe l'homogénéisation de la solution (courant de succion et nématodes non isodenses à l'eau).

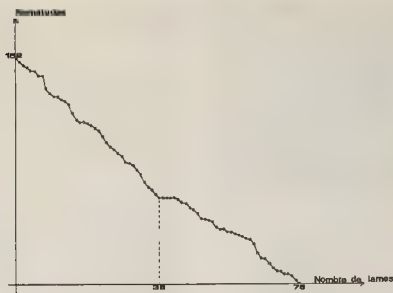
Pour vérifier la validité de cette hypothèse, nous avons opéré de deux façons différentes.

Nous avons compté les nématodes dans une solution de faible concentration en *Criconematinae* (152/130 cc, à peu près 1 nématode par cc) et nous avons pipeté 1,6 cc. Le graphique 6 rend compte de la diminution de la population dans le verre à pied.



GRAPHIQUE 5

On peut remarquer sur cette courbe qu'à partir de la 38^e lame la pente de la courbe qui paraissait être une droite au départ, diminue brutalement, c'est-à-dire que le nombre de nématodes comptés par lame est beaucoup plus faible.



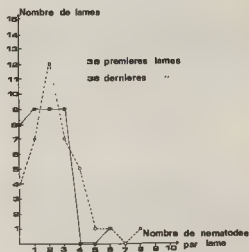
GRAPHIQUE 6

Ce phénomène se remarque beaucoup mieux si on trace la distribution du nombre de nématodes par lame pour les 38 premières lames, d'une part et pour les 37 dernières, d'autre part (graphique 7).

Le graphique 8 montre la variation de l'erreur, lorsque nous cumulons les résultats successifs des lames, ceci pour un comptage de 3 400 T. *semi-penetrans* dans 200 cc. Nous voyons d'abord une grande irrégularité dans l'erreur pour les 10 premières lames. Ceci est très gênant pour la standardisation de l'erreur. Puis elle se stabilise et diminue régulièrement jusqu'à la 47^e lame. A partir de celle-ci on se trouve devant un phénomène curieux de freinage de la diminution de l'erreur; ce freinage se fait en dent de scie et très régulièrement. D'une erreur de 45 % au départ, on passe progressivement à une erreur de 25 % en fin de comptage.

Conclusion du comptage à la lame de PETERS.

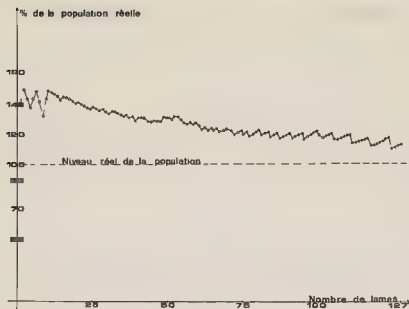
Cette étude a montré le danger de l'emploi systématique de ce matériel. L'erreur varie de 25 % pour les très faibles densités (10 nématodes par cc) à 20 % pour les densités plus élevées (50 nématodes par cc).



GRAPHIQUE 7

Sur le plan pratique, on veillera à soumettre au comptage à la lame de PETERS une solution ayant une concentration adéquate en animaux.

Dans la plupart des cas on concentrera les suspensions à 25 cc et on y comptera 4 lames. On peut également compter 10 cc (ou mieux 20 cc) dans 100 cc. Il sera bon avant d'entamer le comptage



GRAPHIQUE 8

d'avoir une idée de la population à dénombrer afin d'y ajuster la technique.

IV. — EXTRACTION DES NÉMATODES ENDOPARASITES

Il existe un certain nombre de nématodes qui vivent à l'intérieur des tissus végétaux. Pour les en extraire, on emploie des techniques spéciales. Elles sont basées sur deux principes : la mobilité des nématodes ou action physique séparant les tissus végétaux.

a) *Mobilité des nématodes.*

C'est l'ancienne méthode employée à la station de Recherches sur les Nématodes à Antibes. Les tissus végétaux une fois lavés, pour les débarrasser de toutes traces de sol, sont coupés en morceaux et mis à macérer dans une solution aérée contenant un antifongique, afin d'éviter tout développement de champignons.

Au minimum trois jours après on récupère la solution et on compte les nématodes s'y trouvant à l'intérieur. On continue ainsi jusqu'à épuisement des tissus en nématodes. Cette méthode peut demander plusieurs mois avant d'avoir une réponse quantitative et pendant tout ce temps l'inoculum peut changer d'état (ex. : éclosions d'œufs, changement de stade, etc.).

Cette méthode ne permet aucune étude fine des nématodes endoradiculaires.

b) *Méthode physique.*

Récemment a été mise au point la technique du mixage des racines afin de récupérer les nématodes. Le temps de mixage est très important, car trop long, il détruit la faune et trop court, on aboutit à de mauvais rendements. Ce temps de mixage dépend de trois facteurs :

- De la vitesse de rotation.
- Du nématode à récupérer.
- Du stade que l'on veut obtenir.

Pour séparer les nématodes des débris végétaux on centrifuge le « mixat » tout comme s'il s'agissait d'une solution de sol.

Cette méthode a été mise au point au laboratoire de Wetteren en Belgique par COOLEN *et al.* (1970). Nous communiquons les différentes phases que ce laboratoire a bien voulu m'indiquer.

1) Récupération des *Meloidogyne*.

Meloidogyne est un nématode qui, dès le 2^e stade larvaire filiforme, rentre dans les tissus radiculaires. Il commence à renfler pour donner à l'état adulte : des femelles sphériques et des mâles filiformes. On conçoit donc que dans ce cas là il faudra extraire séparément les femelles et stades larvaires renflés d'une part des œufs, stade larvaire II filiforme et mâles d'autre part. Les différentes opérations sont les suivantes :

— Préparation de l'échantillon de racines : elles sont lavées et découpées en fragments d'1/2 cm. Ce matériel est ensuite homogénéisé dans un tamis et séché. On prélève deux fois 5 grammes de racines : le premier échantillon est destiné au dépistage des stades gonflés et le second au dépistage des stades vermiformes : œuf, L II et mâles.

La durée du mixage dans un Waring Blendor est de 15 secondes pour les stades gonflés et de 120 secondes pour les stades vermiformes

Pour les *Pratylenchus*, dont tous les stades sont plus ou moins vermiformes, la durée du mixage est de 60 secondes à grande vitesse.

Les solutions obtenues après mixage sont alors centrifugées.

L'avantage de cette méthode est évidente, en plus d'une réponse obtenue au bout d'un temps infiniment plus court, nous pouvons obtenir la conformation exacte d'une population à un instant donné. Ceci est très important dans l'étude des fluctuations de population, car on peut déterminer avec un nombre d'échantillons suffisant les époques de ponte, les époques d'éclosion etc., ce qu'il était impossible de déterminer auparavant avec les méthodes classiques

pour les *Pratylenchus* en tout cas. De plus en ce qui concerne *P. vulnus* les femelles ovulées prennent une forme renflée (beaucoup moins évidemment que *Meloidogyne*) ce stade auparavant ne pouvait être observé qu'à la dilacération des racines, méthodes fastidieuse et non quantitative, alors qu'à l'heure actuelle ces femelles sont récupérées en même temps que le restant de la population.

De plus cette méthode a permis la détection de nématodes que l'on trouvait dans le sol, mais en aucun cas piqués sur les racines (Criconeematidae).

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Les différentes techniques quantitatives concernant les nématodes du sol et des plantes ont récemment évolué. Si on se place dans l'optique d'un laboratoire d'analyses, les nouvelles méthodes plus rapides et plus efficaces, permettent de raccourcir le délai entre la réception des échantillons et l'envoi des réponses

Dans le contexte des recherches écologiques et biologiques, ces méthodes beaucoup plus quantitatives et fidèles permettent une meilleure analyse des résultats obtenus.

Malgré les avantages, ces nouvelles techniques présentent quelques limites d'emploi déjà détaillées.

Il faudrait joindre à cette analyse des méthodes d'extraction et de comptage, celle des méthodes d'échantillonnage qui ne semblent pas encore assez au point pour donner des résultats suffisamment précis concernant les nématodes mobiles. Il faut toujours avoir présent à l'esprit qu'un nombre d'échantillons assez important est nécessaire; ce nombre variera avec la valeur de la population, qui doit être approchée par un échantillonnage préalable restreint.

L'évaluation de la densité d'une population de nématodes est donc une opération complexe qui nécessite beaucoup de soin pendant ses diverses phases et une grande prudence dans l'énoncé des résultats.

Il demeure donc indispensable de perfectionner les techniques dont on dispose actuellement : tout progrès en nématologie en dépend plus ou moins.

RESUME

L'extraction et l'estimation des populations de nématodes à partir du sol et des racines ont subi ces dernières années d'importantes modifications. Nous avons testé la méthode de centrifugation-flottation pour l'extraction de la majorité des genres de nématodes présents dans les sols.

Des essais sur la récupération de *Xiphinema mediterraneum* et *Longidorus macrosoma* (nématodes de grande taille), ainsi que *Tylenchus semipenetrans* L2 et *Paratylenchus* sp. (nématodes de petite taille) nous ont permis d'ajuster ces techniques à nos prospections.

Des études critiques des méthodes de comptage par parties aliquotes nous ont montré qu'avec nos moyens de prise d'échantillon (pipetage dans une suspension homogène de nématodes), il est préférable de faire un dénombrement de populations dans un volume important plutôt que plusieurs comptages de petits volumes.

SUMMARY

Extraction and estimation of nematodes in soil and roots have been modified these last years. In order to obtain a larger number of nematodes from soil we have tested the centrifugation-flottation technic. This method have been adapted here using *Xiphinema mediterraneum* and *Longidorus macrosoma* (large nematode), *Tylenchulus semipenetrans* L2 and *Paratylenchus* sp. (small nematode).

Counting method by Peter's slide have been investigated. It appears that with the traditional method of taking samples, counting a great volume is better than several counts of small volumes.

BIBLIOGRAPHIE

- ANDRASSY (I.), 1956. — The determination of volume and weight of nematodes. *Acta Zool.*, 2 (1-3), 1-15, (trad., ZUCKERMANN (B.M.), BRZESKI (M.W.), DEUBERT (K.H.)). — English translation of selected east european papers in Nematology - Univ. Massach. Cranberry Experiment Station East Wareham, Massachussets, 1967, 73-84.
- BAERMANN (G.), 1917. — Eine einfache Methode zur Auffindung von Ankylostomum - (Nematoden) - Larven in Erdboden. *Meded. geneesk. Lab. Weltev.*, 41-47.
- CAVENESS (F.E.) & JENSEN (H.J.), 1955. — Modification of the centrifugal flotation technique for the isolation and concentration of nematodes and their eggs from soil and plant tissue. *Proc. Helm. Soc. Wash.*, 22, 87-89.
- CHRISTIE (J.R.) & PERRY (V.G.), 1951. — Removing nematodes from soil. *Proc. Helm. Soc. Wash.*, 18, 106-108.
- COBB (N.A.), 1918. — Estimating the nema population of the soil. *Agric. Tech. Circ. I*, Bur. Plant Industr., U.S. Dept. Agric., 48 p.
- COOLEN (W.A.), GOORIS (J.) & D'HERDE (C.J.), 1969. — Een methode voor de kwantitatieve extractie van eitjes en larven, en van larven, en van Meloidogynewijfjes uit plante-wortels. Rijksstation voor Nematologie en Entomologie, Wetteren.
- DALMASSO (A.), 1966. — Méthode simple d'extraction des nématodes du sol. *Rev. Ecol. Biol. Sol*, 3 (3), 473-478.
- DROPKIN (V.H.), SMITH Jr. (W.L.) & MYERS (R.F.), 1960. — Recovery of nematodes from infected roots by maceration. *Nematologica*, 5, 285-288.
- ESSER (R.P.) & DONALDSON (F.), 1962. — Methods of extracting nematodes from various substrats. Division of plant Ind., D.A.S. Florida.
- FENWICK (D.W.), 1940. — Methods for the recovery and counting of cysts of *Heterodera schachtii* from soil. *J. Helm.*, 18, 155-172.
- FLEGG (J.J.M.) & McNAMARA (D.G.), 1968. — A direct sugar-centrifugation method for the recovery of eggs of *Xiphinema*, *Longidorus* and *Trichodorus* from soil. *Nematologica*, 14, 156.
- GOFFREY (G.H.), 1935. — The demonstration of plant-parasitic nematodes in host tissues. *Phytopathology*, 25, 1026-1030.
- DE GRISSE (A.), 1963. — A counting dish for nematodes excluding border effect. *Nematologica*, 9, 162.
- DE GRISSE (A.), 1968. — Thèse de Doctorat. R.F.I.W. Gand.
- DE GUIRAN (G.), 1966 a. — Coloration des nématodes dans les tissus végétaux par le bleu cotton à froid. *Nématologica*, 12, 646.

- MERNY (G.) & LUC (M.), 1968. — Les techniques d'évaluation des populations de nématodes dans le sol et les tissus végétaux. O.R.S.T.O.M.
- MINDERMAN (G.), 1956. — New techniques for counting and isolating freeliving nematodes from small soil samples and from oak forest litter. *Nematologica*, **1**, 216-226.
- OOSTENBRINK (M.), 1954. — Een doelmatige methode voor het toetsen van aaltjesbestrijdings-middelen in grond met *Hoplolaimus uniformis* als proefdier. *Meded. Landbouwsch. Gent*, **18**, 377-408.
- OOSTENBRINK (M.), 1960. — Estimating nematode populations by some selected methods. In: *Nematology*, edited by SASSER, J.N. & JENKINS, W.R. The University of North Carolina Press, Chapel Hill., 85-102.
- PETERS (B.G.), 1952. — Toxicity tests with vinegar eelworm: 1. Counting and culturing. *J. Helm.*, **26**, 97-110.
- SEINHORST (J.W.), 1950. — De betekenis van de toestand van de grond voor het optreden van aanstasting door het stengelaaftje (*Didymenchus dipsaci*) (KUHNS; FILIPJEV) *Tijdschr. Pl. Ziekt.*, **56**, 291-349.
- SEINHORST (J.W.), 1955. — Een eenvoudige methode voor het afscheiden van aaltjes uit grond. *Tijdschr. Pl. Ziekt.*, **61**, 188-190.
- SEINHORST (J.W.), 1964. — Methods for the extraction of *Heterodera* cysts from not previously dried soil samples. *Nematologica*, **10**, 87-94.
- STANLAND (L.N.), 1954. — A modification of the Baermann funnel technique for the collection of nematodes from plant material. *J. Helm.*, **28**, 115-117.
- STEMERDING (S.), 1963. — Een mixer-wattenfilter methode om vrijbewegelijke endoparasitaire nematoden uit wortels te verzamelen. *Versl. PlZiekt. Dienst Wageningen*, **141**, 6 p.
- STOCKLI (A.), 1943. — Über Methoden zur quantitativen Bestimmung der im boden freilebenden Nematoden. *Ber-Schweiz. bot. Ges.*, **53A**, 160-174.
- TARJAN (A.C.), SIMANTON (W.A.) & RUSSEL (E.E.), 1956. — A labor-saving device for the collection of nematodes. *Phytopathology*, **46**, 641-644.
- WALKER (J.T.) & WILSON (J.D.), 1960. — The separation of nematodes from soil by a modified Baermann funnel technique. *Plant Dis. Repr.*, **44**, 94-97.
- YOUNG (T.W.), 1954. — An incubation method for collecting migratory endoparasitic nematodes. *Plant Dis. Repr.*, **38**, 794-795.

Nous souhaitons que les membres de la Société rédigent des mises au point destinées aux enseignants de l'Enseignement secondaire.

LE "FONDS PRAIRIAL" DANS LE BESSIN ET LE PAYS D'AUGE

par M. VIVIER et P. BINET

Chambre d'Agriculture du Calvados
et Laboratoire de Physiologie Végétale de l'Université de Caen

A la suite de l'inventaire floristique réalisé à partir de plusieurs milliers de prélèvements répartis dans 160 prairies permanentes du Bessin et du Pays d'Auge, il est apparu intéressant de comparer les

espèces rencontrées entre elles en fonction de deux critères :

1) leur fréquence, représentée par :

$$F = 100 \frac{\text{nombre de prélèvements où l'espèce est rencontrée}}{\text{nombre de prélèvements effectués}}$$

2) leur présence relative, définie par :

$$P = 100 \frac{\text{somme des présences de l'espèce}}{\text{somme des présences de toutes les espèces}}$$

$$L'abondance = A = 100 \frac{\text{somme des coefficients de recouvrement de l'espèce}}{\text{somme des coefficients de recouvrement de toutes les espèces}}$$

n'a pas été retenue car pour une espèce donnée, elle varie beaucoup d'une saison à l'autre en fonction de l'état de développement des différentes espèces (SOUGNEZ et NOIRFALIZE, 1954; DELPECH, 1960), alors que P est moins sujette à des variations saisonnières. Ainsi, dans une prairie de la vallée de l'Orne, entre mai et octobre 1968, pour *Dactylis glomerata* A a varié entre 18 et 36 alors que P oscillait entre 9,5 et 11,1.

Dans le Bessin, les sols limono-argileux dominent mais sont en relation avec des terrains géologiques très différents qui permettent de définir :

— un Bessin Briovérien en liaison avec le Bocage Virois dont les sols sont pauvres en P et K et dans lesquels l'activité microbienne est peu intense;

— un Bessin Triasique dans le sud du Bessin dont

les sols peu différents des précédents, sont cependant un peu plus fertiles;

— un Bessin Bajocien-Bathonien disposé en plateau coupé au Nord par la mer et se raccordant à l'Est à la plaine de Caen. La fertilité potentielle des sols y est supérieure à celle des sols évoqués ci-dessus;

— un Bessin limoneux dans lequel on peut grouper les régions alluviales, les limons des plateaux, et les écoulements limoneux (AZAM, 1923).

Les limons des plateaux se retrouvent dans les parties peu accidentées du pays d'Auge et voisinent avec les formations argileuses des côteaux du jurassique moyen ou avec les argiles à silex des pentes.

Une partie des résultats ci-dessous sont groupés en tenant compte de ces substrats géologiques.

RÉSULTATS

1) Fréquence.

Dans le tableau I figurent les espèces dont la fréquence est au moins égale à 10 dans l'une des régions prospectées.

2) Présence relative.

Le tableau II ne contient que les espèces dont la présence relative est au moins égale à 4 % dans les diverses unités géologiques du Bessin et du Pays d'Auge.

TABLEAU I

Fréquence des principales espèces trouvées dans les prairies permanentes du Bessin et du Pays d'Auge

Espèces rencontrées	Fréquence dans le :	
	Bessin	Pays d'Auge
<i>Lolium perenne</i>	61	71
<i>Holcus lanatus</i>	59	61
<i>Trifolium repens</i>	53	46
<i>Agrostis stolonifera</i>	47	46
<i>Dactylis glomerata</i>	42	20
<i>Ranunculus acris</i>	39	39
<i>Phleum pratense</i>	30	32
<i>Cynosurus cristatus</i>	26	19
<i>Anthoxanthum odoratum</i>	21	19
<i>Rumex sp.</i>	20	14
<i>Trifolium pratense</i>	20	19
<i>Cirsium arvense</i>	19	7
<i>Plantago lanceolata</i>	19	12
<i>Poa trivialis</i>	15	15
<i>Taraxacum officinale</i>	14	12
<i>Agrostis tenuis</i>	13	9
<i>Alopecurus pratensis</i>	12	10
<i>Poa pratensis</i>	10	16
<i>Festuca pratensis</i>	6	22

INTERPRÉTATIONS ET CONCLUSIONS

Des ces deux types de résultats, il apparaît que :

1) Quatre espèces (*Lolium perenne*, *Holcus lanatus*, *Trifolium repens*, et *Agrostis stolonifera*) sont régulièrement présentes et fréquentes dans toutes les régions prospectées. Leur fréquence est partout supérieure à 45 et leurs présences relatives oscillent entre 6,2 et 15,6. Ces quatre espèces peuvent servir à matérialiser l'équilibre qui s'est progressivement installé dans les prairies permanentes du Bessin et du Pays d'Auge entre le matériel végétal, d'une part, les conditions climatiques, édaphiques et techniques, d'autre part. Elles constituent, pour ces régions, le « fonds prairial ». Cet équilibre est instable. La Houlique laineuse, dont la valeur agricole est très discutée, est favorisée, chaque fois que les conditions édaphiques ralentissent l'activité microbienne (sols à C/N élevée). Par contre, le Ray Grass anglais prédomine nettement quand les apports d'en-

grais azotés, le pâturage, la fauche, l'ensilage sont intensifiés.

2) Dans le pays augeron, on peut associer à ce « fonds prairial » *Ranunculus acris* alors que *Dactylis glomerata* est à lier à celui du Bessin. L'irrégularité dans la présence de ces espèces dans l'ensemble des parcelles prospectées est sans doute à relier plus à des raisons techniques (fréquence de la fauche, utilisation d'herbicides...) qu'à des raisons édaphiques ou climatiques. Il en est vraisemblablement de même, en dehors du « fonds prairial » pour *Cirsium arvense* et *Plantago lanceolata*.

3) L'étude détaillée des espèces autres que celles du « fonds prairial » ne fait pas apparaître entre le Bessin et le Pays d'Auge de différences imputables à la variété des substrats géologiques supportant les sols prairiaux, sauf dans le cas de *Festuca pratensis* qui trouve assez fréquemment dans le Pays d'Auge les sols bien pourvus en Calcium qu'elle affectionne.

TABLEAU II
Présence relative des principales espèces trouvées
dans les prairies permanentes du Bessin et du
Pays d'Auge

Espèces rencontrées	Présence relative dans le :						
	Bessin				Pays d'Auge		
	Briovérien	Triasique	Bayouen Bathonien	Limons	Argile à silex	Jurassique moyen	Limons
<i>Holcus lanatus</i>	9,1	11,1	6,2	14,5	11,7	11,4	9,1
<i>Agrostis stolonifera</i>	8,1	14,2	13,0	15,3	14,6	9,5	10,8
<i>Trifolium repens</i>	8,0	9,0	8,0	9,9	11,4	8,5	9,9
<i>Lolium perenne</i>	7,4	11,7	12,0	13,5	15,6	13,7	15,4
<i>Ranunculus acris</i>	6,9		5,3		4,1	4,0	4,7
<i>Dactylis glomerata</i>	5,0	4,4	6,3	8,6			
<i>Cynosurus cristatus</i>	4,3				6,1		
<i>Poa trivialis</i>		7,1		8,8			5,4
<i>Phleum pratense</i>			5,4			4,2	5,0

RESUME

Dans les prairies permanentes du "Bocage" en Basse-Normandie, quatre espèces sont toujours présentes et fréquentes. Ce sont : *Lolium perenne*, *Holcus lanatus*, *Trifolium repens* et *Agrostis stolonifera*. Elles constituent le "fonds prairial" et matérialisent l'état d'équilibre entre l'ensemble végétal d'une, part, les facteurs climatiques, édaphiques et techniques, d'autre part. Des conditions techniques et édaphiques contribuent à diversifier la végétation à partir du "fonds prairial".

SUMMARY

The "meadow" stock in Bessin and Pays d'Auge. In the permanent meadows of the "Bocage", zone

of lower Normandy, four species (Lolium perenne, Holcus lanatus, Trifolium repens and Agrostis stolonifera) are always present and frequent. They constitute the "meadow stock" and are the reflection of an equilibrium between the vegetal material, on one side and the climatic, edaphic and technical factors, on the other side. Technical and edaphic reasons intervene in the diversifying of the vegetation beside the "meadow stock".

BIBLIOGRAPHIE

- AZAM (A.), 1923. — Les limons de Basse Normandie. *Rev. Géogr.*, 9 (1), 92.
DELPECH (R.), 1960. — Critère de jugement de la valeur agronomique des prairies. *Fourrages*, n° 4, 83.
SOUGNEZ (M.), NOIRFALIZE (M.), 1954. — Signification et portée pratique d'une carte phyto-sociologique des herbages. Conférence Européenne des herbages, document EPA/AG/224/46.

ÉCOLOGIE DES DIPTÈRES EMPIDIDES A LARVES ÉDAPHIQUES

par P. TREHEN

Station Biologique de Paimpont

SOMMAIRE

Introduction.

I. — Caractérisation des stations, techniques d'études.

A. Végétation — facteurs édaphiques — plan de description.

B. Variations saisonnières de quelques facteurs : température, conditions hydriques du sol.

II. — Description des peuplements diptérologiques.

A. Importance relative des différentes familles.

B. Répartition des *Empididae*, valeur indicatrice de quelques espèces.

C. Relation entre les variations des conditions du milieu et les fréquences des émergences.

III. — Descriptions et analyse éthologique des comportements de reproduction de quelques *Empidinae*.

A. Eco-éthologie de *Hilara*.

B. Activité journalière de quelques espèces.

IV. — Conclusions générales.

INTRODUCTION

Les divers groupes taxonomiques de Diptères édaphiques n'ont pas permis un égal développement des recherches écologiques. En raison de leur abondance dans certains types de sol, les *Tipulidae* et les *Limnobiidae* sont depuis longtemps, parmi les mieux connus; mais aussi grâce à des travaux récents (FREEMANN, 1963, 1968; HADLEY, 1969). On peut y ajouter quelques autres familles, dont les *Sciomyzidae* (BRATT et KNUTSON, 1969). Nous avons déjà souligné que la diagnose, difficile, des formes larvaires

constitue le principal obstacle à un tel travail. Cependant, diverses méthodes permettent quelques progrès de nos connaissances :

— mise en élevage au laboratoire de larves récoltées dans la nature et détermination ultérieure des imagos.

— mise en place sur le terrain de « nasses d'émergences » qui recueillent tous les Insectes sortant du sol sur une surface définie (TURNOCK, 1957; HADLEY, 1969).

Si l'on excepte les *Limnobiidae*, toutes les familles les mieux connues sont des consommateurs primaires à l'état larvaire. Les prédateurs, dont les *Empididae*

font partie, forment tout naturellement des populations beaucoup moins denses, et en conséquence moins aisées à définir. Malheureusement, depuis les premières contributions dues à BELING (1882) les renseignements de nature écologique sont difficilement généralisables, car ils se rapportent le plus souvent à des récoltes occasionnelles rarement accompagnées de mesures précises des conditions du milieu.

Dans le présent travail, nous avons tenu, au contraire, à caractériser les milieux. S'il n'est pas possible de définir d'emblée tous les facteurs qui jouent un rôle important dans la réparation des espèces, il est toutefois aisé de préciser quelques-unes des conditions externes qui, directement ou indirectement, peuvent être considérées comme essentielles.

Une des premières tâches a été de définir au mieux les localités dans lesquelles nous avons rencontrés des gîtes larvaires. Suivant en cela RIOUX (RIOUX, CORRE, DESCOS, 1968) sur la recherche des gîtes larvaires de *Ceratopogonidae*, nous avons considéré la végétation comme un repère indispensable. Cependant, il nous a paru fondamental d'y ajouter la description du profil pédologique, l'analyse texturale, la détermination de la teneur en matière organique, le pH, et enfin le rapport C/N des sols étudiés. DUCHAUFOR (1965) insiste sur la valeur de ce dernier paramètre pour une bonne définition de type d'humus au niveau des prélèvements. En plus des paramètres énumérés ci-dessus, la dynamique de l'eau dans le sol reste un des facteurs les plus déterminants dans la répartition des espèces. VANNIER (1968) a traité ce problème de manière très précise pour quelques micro-Arthropodes (Collemboles et Acariens). Nous avons tenté de reprendre dans le même esprit, quelques-unes des méthodes de l'auteur, et de les transposer aux Diptères. Bien entendu, l'appréciation de la teneur en eau, comme celles de la température et de l'hygrométrie ne fournissent de résultats utilisables que si les mesures sont échelonnées tout au long de la période du développement larvaire. Par ailleurs, l'expression de la teneur en eau par rapport au poids sec de terre, bien que souvent utilisée, ne rend pas possible la comparaison entre les sols de types et de densités différentes. C'est

pourquoi, tout en indiquant la valeur du poids sec à 110 °C, nous avons, dans ce travail, exprimé l'eau totale d'un sol à un moment donné, en pourcentage de sa porosité totale moyenne. Cette dernière valeur a été établie pour chaque mesure sur 40 échantillons dans chaque station.

L'énergie de rétention en eau fournit également une indication sur la nature exacte des conditions de vie dans un sol (RAPOPORT et TSCHAECK, 1967). Elle a été déterminée par la méthode de la « presse à plaque poreuse » jusqu'à $pF = 3$.

A la suite de notre analyse des conditions écologiques caractérisant les sols où nous trouvons les larves, il nous semble fondamental de réaliser une étude précise de l'écologie et de l'éthologie des adultes (FREEMANN, 1967, 1968) dont dépend en définitive la première localisation édaphique des formes jeunes.

Les Diptères étudiés diffèrent de la plupart des autres microarthropodes du sol par l'existence d'une phase imaginaire aérienne très importante, qui a été jusqu'à ces dernières années, le seul support de la diagnose et le seul objet de recherches systématiques pour tous ces Insectes.

Chaque espèce constitue pendant sa phase édaphique une population qui se renouvelle entièrement chaque année ou plusieurs fois par an pour les espèces plurivoltines. Ce renouvellement n'est possible que par un ajustement biologique précis entre les phases comportementales aboutissant à la ponte, et les conditions variables du milieu édaphique au moment où elles permettent le développement des stades préimaginaux.

Pendant la période de vie des adultes, se déroulent un grand nombre d'événements qui aboutissent à une dispersion et à un brassage plus ou moins complet des populations. L'importance de ces faits biologiques est soulignée par les études de génétique des populations; on sait, par exemple, que les populations locales de certaines espèces de *Drosophilidae* acquièrent en quelques générations des caractéristiques biométriques et morphologiques qui leurs sont propres. Il existe toutefois très fréquemment pour les individus d'une population donnée, une tendance à

retrouver des biotopes bien précis, dans lesquels apparaîtront à un moment donné des conditions favorables au développement des larves. FREEMAN (1969) suppose l'existence, chez les *Limoniidae*, d'une reconnaissance visuelle et chimiotactile des biotopes d'émergence; cette particularité assurant une très grande localisation spatiale des espèces.

D'autres phénomènes se produisent à plus grande échelle : concentrations, émigrations dont l'origine éthologique est impossible à donner sans une étude comparée des comportements. L'intérêt écologique de ces grands déplacements est manifesté au niveau de la distribution des espèces à l'échelle d'un continent, et pourtant, si les comportements migratoires sont assez bien analysés chez les Lépidoptères et les Acridiens, où ils s'accompagnent même de modifications morphologiques et comportementales individuelles, leur étude ne fait que débiter chez les Diptères, et en particulier, *Xanthandrus comtus* (Parr.) (*Syrphidae*) dont les adultes parcourent des distances de plusieurs centaines de kilomètres et franchissent les cols alpins et pyrénéens (LYON, 1967-1968).

Beaucoup plus fréquents sont les déplacements désordonnés, liés essentiellement à des modifications climatiques locales et, en particulier, aux variations de l'ionisation atmosphérique. Ils sont sensibles chez la plupart des Insectes capables de voler, mais ont été étudiés plus précisément chez les *Corixidae* (POPHAM, 1964). Les premiers travaux expérimentaux sur ces sujets ont mis en évidence un accroissement de la quantité d'activité de vol chez la mouche *Calliphora vicina* R.D., sous l'influence d'une augmentation de la densité des ions positifs de l'air (EDWARDS, 1960, in LEFEUVRE, 1966).

Ce qui a été constaté chez beaucoup d'Insectes, se produit également chez les *Empididae*; cependant, il est nécessaire de dissocier la part des déplacements à grande échelle de ceux qui sont liés directement à la biologie et au comportement de chaque espèce. La diversité et la richesse des observations consacrées aux *Empidinae* montrent à quel point la phase imaginaire peut être importante dans le cycle biologique, mais aussi et conséquemment sur les populations larvaires.

I. — CARACTÉRISATION DES STATIONS

La recherche des gîtes larvaires commencée en 1962 (TREHEN, 1962, 1965, 1968) s'est poursuivie jusqu'en 1969 en utilisant des méthodes et des moyens différents :

— extraction de la faune par la méthode de TULLGRENN, méthode de lavage (TREHEN, 1968);

— masses d'émergences pendant les années 1967, 1968, 1969.

L'extraction de la faune par la méthode de TULLGRENN (1967) ou de lavage, nous a obligé à effectuer un grand nombre de prélèvements dans certaines localités dont il serait trop long de rapporter ici les caractéristiques exactes : ruisseau de Saint-Sulpice, Baulon, Chasné, Maxent, etc... D'autres localités : Lassy, Le Chatenay, Ville-Neuve-Mouazé ont été suivies de manière constante pendant plusieurs années, nous y avons étudié les populations larvaires, et aussi les populations d'imagos; c'est pourquoi, nous leur consacrons une description précise.

A. PLAN DE DESCRIPTION.

De manière à ce que nos relevés puissent être reconnus et classés sans ambiguïté, nous avons adopté dans les deux localités principales du Chatenay et de Mouazé, le même plan de description pour chacune des stations. Les termes de ces descriptions sont empruntés au « Code pour le relevé méthodique de la végétation et du milieu » (EMBERGER, 1960 et al.).

a) Structure globale de la végétation :

- description et recouvrement de chaque strate,
- couvert angulaire.

b) Liste floristique et caractères phytosociologiques des strates II et parfois I :

- recouvrement,
- abondance numérique,
- répartition.

c) Etude édaphique :

- profil pédologique,
- Structure,
- texture, fraction grossière, fraction fine,
- carbone - matière organique - rapport C/N - pH.

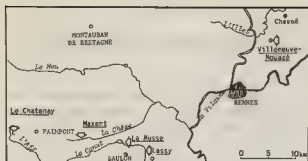


FIG. 1. — Carte des localités prospectées.



FIG. 2. — Plan de la localité de Lassy.

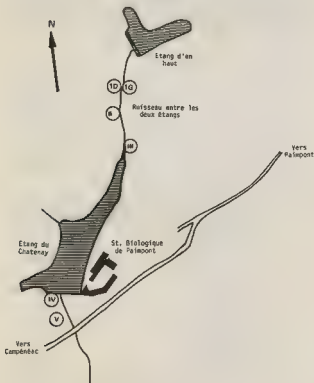


FIG. 3. — Plan de la localité du Chatenay.

La technique du transect a été préférée dans la localité de Villeneuve-Mouazé, elle permet la comparaison de différents peuplements diptérologiques d'un même grand ensemble, dans ce cas une prairie hygrophile.

B. VARIATIONS SAISONNIÈRES DE QUELQUES FACTEURS.

— la température :

Pour les enregistrements de température au niveau des stations III et IV, la couverture végétale moins grande et l'exposition sud de la queue de l'étang (st. III) assurent dès le début du mois de juin des maxima de température de 23 à 24°, alors qu'au même moment ils ne dépassent pas 18° à la station IV. Nous pouvons affirmer que les écarts thermiques dans les stations I et II sont inférieurs ou égaux à ceux de la station IV (fig. 5). La présence des deux maxima à la station III coïncide également avec le début de deux périodes, au cours desquelles les écarts thermiques journaliers sont très importants dans le sol; la première période débute fin avril au moment où la station II, herbacée, ne constitue pas une protection suffisante, par la suite, au cours du mois de juin, l'effet isolant est maximal. Il diminue ensuite légèrement au mois de juillet et permet à nouveau de grandes variations journalières au début du mois d'août.

— les conditions hydriques :

La connaissance des variations de l'énergie de rétention de l'eau du sol, apporte, semble-t-il des éléments très importants sinon primordiaux dans le déterminisme des éclosions.

Ainsi, s'il a été établi que la station III (queue d'étang) est un « biotope » à situer dans les zones hygrophiles, il est également très important de préciser que son eau est, pour la plus grande part, due au ruissellement sur un sol très peu épais. Ceci explique pourquoi (fig. 6) la teneur de ce sol est proche de la saturation pendant les mois de novembre, décembre, janvier, février, mars et avril, et, explique aussi pourquoi elle subit une chute brutale ($pF = 2$, puis $pH = 2,7$) dès le mois de mai, époque des premières et principales émergences. Au cours des mois de juin, juillet, août, cette teneur est comprise entre $pF = 2,7$, et ce qui indique le rôle joué à ce moment par la proximité du ruissseau dans le maintien d'un degré d'humidité suffisant pour le développement des espèces plus tardives.

A la station ID, la période pendant laquelle on note une chute de cette teneur en eau, est plus tardive et

T. III

Agrostis stolonifera
Poa trivialis
Holcus lanatus
Ranunculus repens
Lolium perenne
Trifolium repens
Juncus effusus
Juncus sylvaticus
Lotus uliginosus
Mentha aquatica

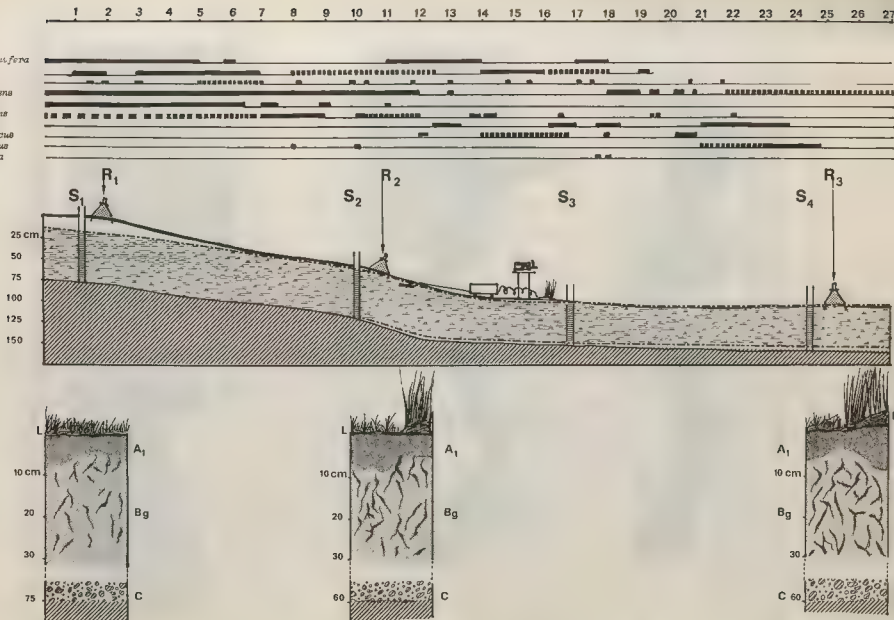


FIG. 4. — Profil du Transect III à Villeneuve-Mouazé.

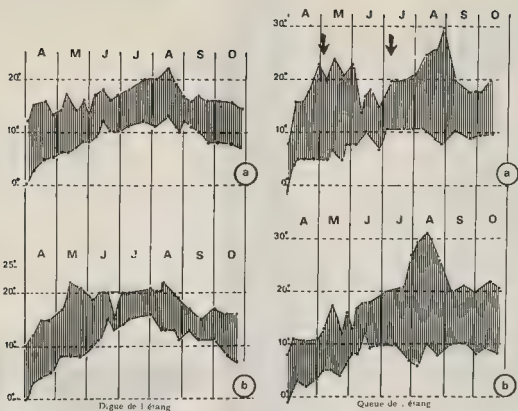


FIG. 5. — Maxima et minima hebdomadaires de température du sol en stations III et IV (sondes thermométriques Jules Richard).

a. — à 5 cm de profondeur, au centre de chaque station; b. — à 5 cm de profondeur dans le fourré.

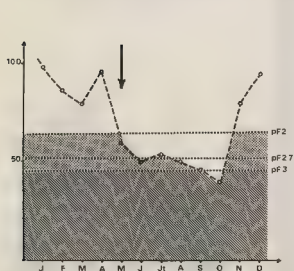


FIG. 6. — Station III. Variations saisonnières de la teneur en eau exprimées en énergie de rétention (pF)

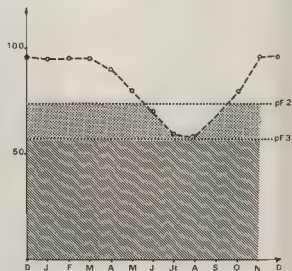


FIG. 7. — Station IV. Variations saisonnières de la teneur en eau exprimées en énergie de rétention (pF).

surtout plus progressive, à très différentes; la valeur $pF = 2$ n'est atteinte qu'au mois de juin, et le minimum correspond à une énergie de rétention inférieure à $pF = 3$.

La station IV diffère enfin, des deux précédentes, par les valeurs atteintes en hiver; en effet, en dehors des heures qui suivent les précipitations, l'énergie de rétention demeure constamment supérieure à $pF = 2$. D'autre part, elle se maintient à une valeur moyenne inférieure à 2,7 jusqu'au mois de juillet, ce qui permet de comprendre la succession des émergences en cette station pendant les mois de juillet et même le début du mois d'août.

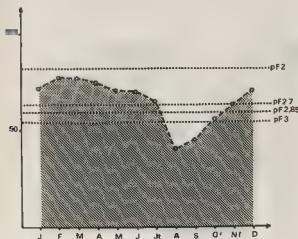


FIG. 8. — Station IV. Variations saisonnières de la teneur en eau exprimées en énergie de rétention (pF).

II. — DESCRIPTION DES PEUPEMENTS DIPTÉROLOGIQUES DES DIVERS TYPES DE SOL RENCONTRÉS

L'importance numérique des individus, la diversité des espèces et des familles, les difficultés de détermination font que la description exhaustive d'un peuplement diptérologique dépasse les possibilités de travail d'un seul chercheur. Toutefois, avant d'approfondir un problème écologique posé par quelques espèces d'une même famille, il semble nécessaire de préciser dans la mesure de nos moyens, la distribution des familles les plus caractéristiques de ces

peuplements. Si cette forme de définition du milieu paraît grossière a priori, elle n'en est pas pour autant inutile, dans la mesure où certains groupes taxonomiques ont déjà pris une signification bien précise dans la caractérisation du milieu édaphique (FREEMAN, 1969; HADLEY, 1968, etc.).

A. IMPORTANCE NUMÉRIQUE RELATIVE DES DIFFÉRENTES FAMILLES.

Les émergences obtenues, pendant une année, dans chacune des stations du Chatenay et dans chaque rang des transects de Mouazé, montrent une grande majorité numérique de *Chironomidae* et des espèces rassemblées dans la super-familles des *Mycetophiloidea*. Ces familles et quelques autres, présentent des fluctuations importantes d'une station à l'autre; il en est ainsi des *Limnobiidae* et des *Ceratopogonidae*, des *Empididae* et *Dolichopodidae*.

Les *Chironomidae* sont présents dans chaque station du Chatenay, et dans des proportions plus faibles dans chacun des transects de Mouazé. Considéré à l'échelon de la famille, cette répartition très large par la diversité des milieux colonisés est, en réalité, beaucoup plus stricte qu'il ne paraît; en effet, une analyse taxonomique plus précise montre que les espèces recueillies au Chatenay en station IV, appartiennent pour la plupart au genre *Smittia*, alors que celles des stations I et II sont des *Orthocladinae* ou des *Tanyptedinae* généralement plus aquatiques.

Les *Ceratopogonidae* recueillis sont, pour le plus grand nombre, du genre *Culicoides*, et leur localisation dans les sols limoneux et riches en matière organique (St. V, T II, T III) confirme déjà ce que l'on sait de l'écologie de ces Insectes à l'état larvaire (KREMMER, 1965). Ils constituent 31 % du peuplement du Moulin, et 3 à 4 % des stations sableuses et limono-sableuses du ruisseau entre les deux étangs. Ils sont absents de T II, ainsi que des rangs supérieurs de T III à Mouazé et deviennent plus abondant en T I surtout dans la partie inondable.

La super-famille des *Mycetophiloidea* est représentée par une très large majorité de *Sciaridae*, de

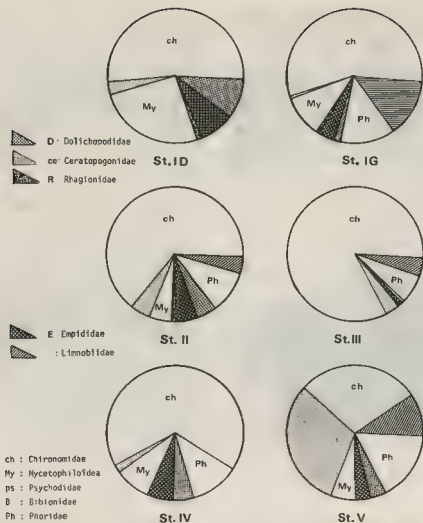


FIG. 9. — Représentation graphique des pourcentages numériques des principales familles de Diptères peuplant les stations du Chatenay en 1969.

Mycetophilidae, enfin par les *Cecidomyiidae* (*Lestriminiinae*). On sait (HEALEY et SMITH, 1970) que les larves de ces Insectes se nourrissent des hyphes de Champignons Basidiomycètes et de leurs spores (*Lestriminiinae*, *Mycetophilidae*) ainsi que de débris organiques en décomposition (*Sciariidae*). Leur régime alimentaire confirme leur grande abondance en T II, ainsi que dans certaines stations du Chatenay, telle I D particulièrement riche en débris organiques fins.

Les populations de *Psychodidae* ne sont pas obligatoirement présentes dans tous les milieux hydro-

morphes; elles sont abondantes à Mouazé, alors que leur fréquence diminue très sensiblement dans les différentes stations du Chatenay. Les *Phoridae* constituent, quant à eux, l'une des familles réparties dans la plupart des milieux étudiés avec des fréquences relativement stables.

La répartition des *Limnobiidae* dans les stations les plus nettement hygrophiles, nous amène à des conclusions préliminaires voisines de celles de HADLEY (1968). Toutefois ces Diptères exigent d'autres propriétés du milieu liées à l'état hydrique et à la

texture du sol; ces deux caractères étant très souvent en étroite corrélation. On peut constater la présence de *Limnobiidae* dans les biotopes hygrophiles à texture argilo-limoneuse ou limono-argileuse (St. IG, V, et T I, T II) alors que leurs espèces sont plus rares dans les sols hygrophiles à texture plus sableuse (St. II).

Les *Empididae* semblent constituer une part mineure de cet ensemble si l'on en juge par la fréquence des éclosions alors qu'au contraire, les espèces présentes sont en réalité très nombreuses. Le plus grand nombre d'espèces est connu des stations du Chatenay ou des rangs supérieurs de Mouazé (T_1r1 , T_2r2 , T_3r1). Ces Insectes sont totalement absents des rangs de Mouazé, submergés pendant une partie de l'hiver ou présentant des conditions hydriques proches de cet état, rendues plus évidentes par la mesure des niveaux piézométriques; ces conditions sont réalisées en T_1r2 , $r3$ et T_3r3 .

Cette famille semble donc, par l'examen des résultats numériques, posséder une très large répartition de ses gîtes larvaires. Il en est de même des *Dolichopodidae* dont la fréquence également très faible, s'accompagne d'une très grande variété d'espèces, peuplant la plupart des biotopes étudiés.

B. ÉTUDE DE LA RÉPARTITION DES *Empididae*.

Une trentaine d'espèces ont été recueillies dans les stations de Villeneuve-Mouazé et du Chatenay; elles se répartissent entre les quatre principales sous-familles: *Tachydromiinae*, *Hybotinae*, *Empidinae*, *Hemerodromiinae* (tabl. 17). L'examen de la distribution des fréquences d'émergences par famille, révèle de façon très significative une répartition propre à chacun des biotopes et se confirme d'une année sur l'autre (années 1967, 1968, 1969 en station IV; 1968, 1969 en station I, II, III, IV).

Hybotinae :

Ocydromia glabricula,
Ocydromia melanopleura,
Bicellaria spuria,

Bicellaria subpilosa,
Bicellaria sulcata,
Hybos femoratus,
Hybos culiciformis.

Tachydromiinae :

Tachydromia minuta,
Tachydromia interpola,
Tachydromia verratti,
Tachydromia exilis,
Elaphropeza epphiata,
Stilpon graminum,
Tachypeza nubila.

Hemerodromiinae :

Phyllodromia melanocephala,
Dolichocephala verratti,
Dolichocephala irrorata.

Empidinae :

Hilara nigrina,
Hilara maura,
Hilara choricla,
Hilara rejecta,
Hilara fuscipes,
Pararhamphomia atra,
Pararhamphomia tibiella,
Megacyttarus crassirostris,
Empis nigripes,
Empis praevia,
Coptophlebia albinervis,
Xanthempis stercorea.

Valeur indicatrice de quelques espèces.

La répartition écologique des familles vi-à-vis des caractéristiques hydriques devient plus nette chez certaines espèces :

— *Dolichocephala irrorata* (*Hemerodromiinae*) est connu des stations très humides au pied des rochers suintants (VAILLANT, 1964). Sa présence en station II du Chatenay, ainsi que celle de *Dolichocephala guttata* à la queue de l'étang, indiquent donc des conditions proches de celles régnant dans le milieu aquatique. La texture sableuse de la station II et la couche superficielle à gravillon de la

queue d'étang, paraissent en effet, réunir, pendant l'hiver, des conditions proches de celles du milieu aquatique. La récolte en 1969 de larves de *Dolichocephala* dans les graviers de la queue d'étang renforce nos conclusions sur la forte hygrophilie de cette station.

— *Phyllodromia melanocephala* par sa présence en station IV et en station V, ne semble pas lié à un milieu aquatique mais comme le confirment les récoltes des larves, dans des types d'humus à dégradation lente (C/N élevé), et qui, de ce fait présentent un horizon A₀ développé (TREHEN, 1968). La recherche des formes larvaires de cette espèce a été particulièrement fructueuse à la station de Maxent, dans un *mor* forestier, ou humus brut. Cette station nous a permis de récolter pendant plusieurs années consécutives un nombre important de ces larves, entre les mois de janvier et de juin, date à laquelle apparaissent les imago. Nous avons tenté d'exprimer la forme de la distribution spatiale de l'espèce, par la fréquence moyenne des captures par prélèvement (400 cc) mais aussi par la dispersion des fréquences.

Sur 29 prélèvements effectués entre décembre 1967 et février 1968 92 larves ont été obtenues, la moyenne des captures pour 400 cm² est de 3,17 pour une valeur de la variance de 5,38. La forme de cette distribution ne s'écarte pas significativement d'une distribution de Poisson.

Cette espèce est, de plus, associée dans cet humus à *Hilara nigrina* (TREHEN, 1968); ainsi que dans la plupart des *mor* ou *moder* caractéristiques de la chênaie hêtraie atlantique. D'autres espèces indiquent une tendance mésophile du substrat: *Tachydromia verralli*, *Tachydromia minuta*. Ces deux espèces, exclusives de la station IV à la digue de l'étang, semblent bien caractériser cette mésophilie, propre au talus. La première de ces deux espèces a été obtenue en grand nombre, trois années consécutives à la Digue de l'étang (st. IV). Elle est absente de T₂ r1 et r2 où se récolte cependant en populations très denses, une autre espèce de *Tachydromia*, très proche sur le plan taxonomique.

— *Elaphropeza ephippiata* (*Tachydromiinae*) présente aussi à ce niveau une valeur indicatrice

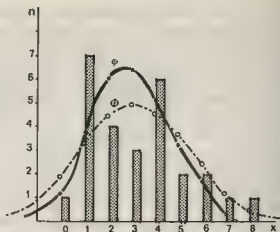


FIG. 10. — *Phyllodromia melanocephala*, larves. Ajustement des distributions de Poisson (○) et de Gauss (⊕) à la distribution spatiale des larves d'*Hilara*, dans un *mor* forestier (MAXENT, 1967-1968). Volume de prélèvement : 400 cc.

certaine par sa fréquence, à la station de Mouazé en T₂ r1 et r2.

Les quelques espèces énumérées ci-dessus semblent caractériser les termes extrêmes de l'éventail des milieux prospectés; plusieurs *Empididae* permettent de mieux discerner quelques étapes du passage graduel de l'un à l'autre :

— Parmi les *Hybotinae*, *Hybos femoratus* est strictement limité aux biotopes humides des rives du ruisseau et de la queue d'étang du Chatenay; répartition qui se surpose aux sols sableux ou limono-sableux, hygrophiles, puisque cette espèce est absente des transects de Villeneuve-Mouazé.

— *Ocydromia glabricula*, localisé aux stations ID et IG, présente des exigences moins strictes, par sa présence en T₂ r1 et r2.

C. RELATIONS ENTRE LES VARIATIONS DES CONDITIONS DU MILIEU ET LES FRÉQUENCES DES ÉMERGENCES.

Eiat hydrique.

La distribution spatiale des larves de Diptères du sol ne peut se comprendre sans une étude chronologique des émergences, et de leur coïncidence pos-

sible avec certains accidents au niveau des conditions microclimatiques.

La comparaison des émergences dans les localités du ruisseau entre les deux étangs (St. ID), de la queue d'étang (St. III) et de la digue de l'étang (St. IV) montre qu'il existe en station ID une progression des fréquences d'émergences depuis le mois de mars jusqu'à un maximum atteint en juin (143); les dernières éclosions se produisant en août. Au contraire, la station de la queue d'étang est caractérisée par une forte densité au mois d'avril (420) alors qu'un autre maximum au mois de juillet (175). Enfin, il existe à la station IV de la digue du Chatenay une progression régulière aboutissant à un maximum en juin et se poursuivant jusqu'au mois d'août.

Il existe donc, en plus de la zonation spatiale des espèces, une zonation dans le temps sans doute soumise à des formations externes et internes intervenant de manière différente sur la biologie de ces espèces. Les constatations ci-dessus portent sur des grands nombres, ce qui leur confère une signification particulière; ces résultats donnent aussi une plus grande signification aux conclusions sur les émergences des *Empidinae* qui portent sur des populations plus faibles.

En effet, l'étude des fréquences totales d'*Empididae*, montre dans les trois stations ID, IG, II, un maximum d'émergence en juillet, alors que la station III est beaucoup plus riche au mois de mai. Quant à la station IV le maximum s'y observe en juin, mais sans que les fréquences soient beaucoup plus importantes qu'au mois de juillet (fig. 11). Ces différences peuvent être mises en parallèle avec l'étude des variations de quelques facteurs du milieu édaphique :

Il semble donc, à partir de ces données recueillies au Chatenay, qu'il y ait une étroite relation entre la localisation d'une espèce donnée et la période à laquelle se produit la nymphose; en effet, pour ce qui concerne les *Empidinae*, il est indispensable que la larve, puis la nymphe puissent à ce moment être isolées du contact avec l'eau libre, soit par la construction d'une logette, soit par une teneur en eau inférieure à la capacité au champ $pF = 2$.

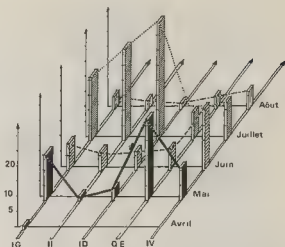


FIG. 11. — Représentation graphique de la chronologie des émergences d'*Empididae*, à la localité du Chatenay en 1969.

Il nous a été possible de perturber la nymphose de larves de *Megacyttarus crassirostris* et *Kriptempis livida* en plaçant ces larves dans un milieu de gélose, au sein duquel elles ne trouvent pas les matériaux, limons et argiles, qui maintiennent les parois de la golette; ces larves sont mortes au mois de juin alors que de nombreux individus avaient donné des imagos dès le mois de juin alors que de nombreux individus avaient donné des imagos dès le mois de mars dans les conditions d'élevage normales.

Niveau piézométrique.

La corrélation entre la profondeur de la nappe et la fréquence des émergences est moins apparente. Il est toutefois aisé de constater la diminution des fréquences d'émergences depuis T_2 jusqu'à T_1 , ce phénomène se superposant à l'augmentation de la profondeur de la nappe phréatique. D'autre part, la chronologie de ces éclosions semble, tout comme à la localité du Chatenay, dépendre du niveau d'hygrophilie. Les périodes d'éclosion les plus précoces sont toujours situées dans les rangs supérieurs, à partir du mois de mai en T_2 et T_3 , alors que ces émergences n'ont lieu qu'à partir d'août en T_1 r2 et T_1 r3.

En conclusion, il semble essentiel de souligner l'importance des variations saisonnières des facteurs

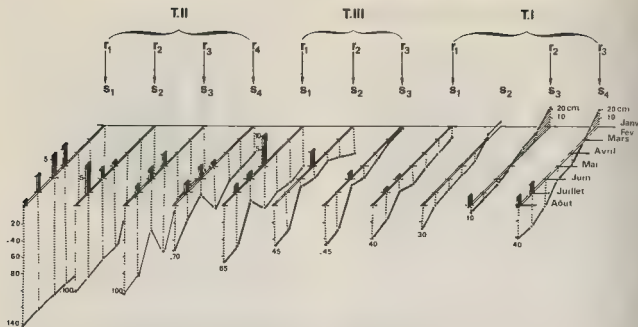


FIG. 12. — Distribution des fréquences d'émergences des *Empididae* en fonction des variations du niveau piézométrique à la station de Villeneuve-Mouazé. Expression de la profondeur de la nappe d'eau en centimètres. S 1, 2, 3, 4 : emplacement des piézomètres.

édaphiques et microclimatiques sur la répartition des larves de Diptères, quelles que soient les familles considérées. Cependant, les mêmes résultats montrent de manière aussi nette, que les facteurs étudiés ne sont pas seuls en cause; en effet, l'absence de noyau d'affinité entre les différentes stations du Chatenay, ne concorde pas avec une apparente similitude des conditions régnant entre quelques-unes d'entre elles; inversement, les affinités entre certains rangs de Villeneuve-Mouazé ne se superposent pas de manière évidente avec les différences rendues apparentes par la zonation végétale.

L'une des causes principales entraînant la présence ou l'absence de noyau d'affinité tient sans doute aux possibilités plus grandes d'échanges entre les populations imaginales dans les localités ouvertes comme celles de Villeneuve, alors que le brassage se réduit progressivement quand le couvert angulaire augmente et isole les stations les unes des autres comme c'est le cas du Chatenay.

L'intervention des facteurs externes sur la répartition et la dispersion des imagos ne peut être

appréciée que par une étude éthologique précise; en effet, il est permis de penser que la nature des comportements accompagnant la nutrition et la reproduction de chaque individu d'une population donne prise, de manière sélective, à l'action de phénomènes microclimatiques liés à la topographie de chaque station et justifie une étude éthologique.

III. — DESCRIPTION ET ANALYSE ÉTHOLOGIQUE DES COMPORTEMENTS DE REPRODUCTION DE QUELQUES EMPIDINAE

A. ECO ÉTHOLOGIE DES SÉQUENCES DE COMPORTEMENT DANS LE GENRE *HILARA*.

L'observation directe a permis d'établir les phases de la parade et leur succession au cours de la journée. Plusieurs types d'appareils enregistreurs et à la lecture, ont été employés dans la définition des

conditions micro-climatiques : le thermohygrographe, le psychomètre et le luxmètre. La superposition des enregistrements de température et d'hygrométrie dans différents biotopes nous a été précieuse, les mesures immédiates au psychomètre fournissant un étalonnage de ces derniers. L'appréciation de la luminosité fournie par le luxmètre n'est malheureusement valable que dans le spectre visible.

Comportement sexuel-type chez *Hilara fuscipes*.

Après plusieurs saisons consécutives d'observations sur le terrain, nous avons pu isoler plusieurs phases comportementales caractéristiques chez le mâle et la femelle.

— Les mâles : vol de chasse.

Les mâles sont actifs tôt le matin; dès 8 heures, ils peuvent être observés au ras de la surface des étangs et des ruisseaux. Leurs déplacements très rapides changent fréquemment de direction, ils heurtent de leurs pattes tous les objets flottants dont la taille est voisine de deux ou trois millimètres. S'il s'agit de petits Insectes, ils tentent de les capturer aussitôt, mais ils peuvent aussi s'emparer des particules inertes retenues à la surface de l'eau, qu'ils arrachent ensuite grâce à un mouvement tourbillonnant très rapide. L'objet est alors enrobé dans un réseau de fils de soie dus à la sécrétion de glandes monocellulaires tarsiennes. Au bout de très peu de temps, les mâles sont très reconnaissables à quelques dizaines de centimètres au-dessus du ruisseau tenant entre leurs pattes un petit cocon blanc. Ils parcourent d'une extrémité à l'autre toute la longueur de la station. Ces comportements de chasse sont communs à tous les *Hilara*, mais il peut exister quelques différences spécifiques liées, en particulier, au plus ou moins grand développement des glandes séricigènes suivant les espèces, les deux espèces possédant les tarses les mieux développés étant : *Hilara maura* et *Hilara pilosa*.

— Les femelles : formation des essaims.

Leurs essaims sont mieux définis dans l'espace et dans le temps que les vols de chasse des mâles.

Ils se constituent beaucoup plus tardivement, vers 10 heures le matin, et semblent nécessiter un concours de conditions de température, d'hygrométrie et de luminosité bien précises si l'on en juge par la soudaineté avec laquelle ils apparaissent et disparaissent au cours d'une journée. Très souvent, il existe une orientation dans leurs déplacements, dans ce cas, l'emplacement de ces essaims orientés est déterminé de manière très précise par un certain nombre de facteurs topographiques et microclimatiques à tel point qu'il est possible de faire la carte de ces essaims dans chaque localité.

— Phases-types de la parade nuptiale.

Le comportement de chasse des mâles aboutit à la capture d'une proie ou d'un objet qui sera nécessaire au rapprochement des deux sexes. Les essaims orientés de femelles, eux, ne sont pas liés directement au comportement sexuel; en effet, c'est la seule présence d'une femelle même isolée qui suffit à déclencher la suite de la parade. C'est pourquoi, sans y inclure les comportements des femelles, nous distinguons quatre phases principales dans la parade nuptiale de *Hilara fuscipes* (fig. 13).

1. — Vol de chasse du mâle, déjà décrit.

2. — Approche. Un vol très lent, commun à tous les *Hilara*, amène le mâle au niveau des femelles; dès ce moment, l'une d'elles vient se placer à quelques centimètres au-dessus de lui. Elle peut provoquer soit un mouvement d'évitement, soit le déclenchement de la troisième phase.

3. — Appariement. Il se produit un décrochement brutal dans la direction de vol de la femelle au cours duquel elle vient se placer sous le mâle. A la fin de cette phase, le mâle se trouve en position très antérieure sur le dos de la femelle (1), la maintenant par les pattes moyennes et supérieures placées en avant de sa tête.

4. — Transmission. Le vol se poursuit ainsi pendant un moment, cette période peut aboutir soit à la séparation, soit à l'accouplement, c'est alors que la femelle s'empare par un mouvement antéro-postérieur de la première paire de pattes.

Dans certaines conditions optimales, les accouplements deviennent extrêmement fréquents; cependant,

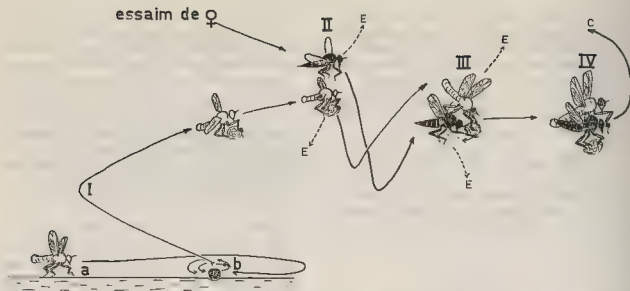


FIG. 13. — Phases principales du comportement sexuel de *Hilara fuscipes*.
I : Confection du ballonnet; II : Vol d'approche; III : Affairement; IV : Transmission et accouplement
E : Possibilités d'évitement en cas d'échec.

une proportion, plus ou moins grande, des tentatives aboutit à la séparation prématurée des deux Insectes en présence. A ce propos, les trois premières phases précédemment décrites jouent un rôle important, car c'est au niveau de chacune que semblent exister les facteurs de la réussite ou de l'échec du comportement. Comme beaucoup de comportements caténaux, chacune de ces phases jouerait le rôle de filtre, limitant les possibilités d'accouplement entre espèces différentes.

Des séquences de comportement tout à fait semblables ont été observées chez un grand nombre d'espèces voisines dont *Hilara maura*, *Hilara monedula*, *Hilara interstincta*, sans y déceler des variantes interspécifiques; les seules différences portent sur les lieux d'observation, l'heure, et sur les conditions climatiques dans lesquelles elles se déroulent. C'est pourquoi, une étude globale de la composition spécifique des essaims nous a paru être un moyen de mieux comprendre la manière dont les multiples espèces du genre *Hilara* se répartissent entre différents types de biotopes.

L'observation directe ne permet pas de déceler des différences nettes entre les comportements

sexuels décrits chez *Hilara fuscipes* et observés chez beaucoup d'autres espèces du même genre. C'est pourquoi, nous avons entrepris de chercher à savoir dans quelle mesure certains facteurs d'ordre microclimatique ou topographique peuvent agir distinctement sur quelques-unes d'entre elles.

B. ACTIVITÉ JOURNALIÈRE DE QUELQUES ESPÈCES.

L'examen des résultats numériques de captures effectuées périodiquement dans un même essaim, permet de mettre en évidence une variation continue de sa composition numérique. POWELL (1964) constate aussi des fluctuations semblables dans les populations et les activités de *Rhamphomia curvipes*, sans pouvoir en donner une interprétation satisfaisante. Il est, en effet, délicat de tirer des conclusions faisant la part du rythme interne de chaque espèce et de l'influence possible des facteurs externes.

Chez *Hilara fuscipes*, le maximum d'activité correspond à des valeurs de température plus élevées, voisines de 20°C. Cette localisation des activités par rapport à certaines conditions du milieu, im-

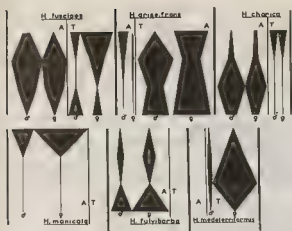


FIG. 14. — Variations journalières des populations de 6 espèces d'*Hilara* pendant la journée du 15 juin 1965 à Lassy L. L. et à Paimpont.

1 cm = 10 % de la population totale de l'essai.

plique une distribution temporelle des comportements observés, dans la mesure où la température et l'hygrométrie subissent au cours de la journée des variations extrêmement importantes.

Chez *Hilara mediterranea*, dont les femelles sont strictement cantonnées aux essaims « terrestres » T, la distribution journalière des fréquences de capture est unimodale; la plus forte valeur se situant vers 14 heures.

Chez *Hilara manicata* et *Hilara fulvibarba* strictement cantonnées aux essaims aquatiques, il n'existe également qu'un seul essaim. Enfin, chez *Hilara fuscipes*, *Hilara griseifrons*, et *Hilara chorica*, l'activité est distribuée entre les deux types d'essaims A et T; le maximum de l'un correspondant à un minimum de l'autre (fig. 14).

Ces résultats très nets permettent de supposer un échange plus important entre les populations des différents essaims d'une même localité.

CONCLUSION GÉNÉRALE

La méthode éco-éthologique d'approche nous a permis de mettre en évidence la multiplicité des

facteurs internes et externes, morphologiques, éco-physiologiques, éthologiques, etc... qui agissent sur la structure et la dynamique des populations diptérologiques à larves édaphiques. Tous ces éléments, par un subtil équilibre entre les caractéristiques biologiques de l'espèce et leur ajustement avec les variations cycliques de certains facteurs du milieu environnant, sont nécessaires à la compréhension des mécanismes généraux accompagnant les phénomènes de spéciation. C'est pourquoi, en accord avec LEVINS (1968) il nous paraît utile de considérer la définition de l'espèce d'un point de vue évolutif, au niveau de sa niche écologique, c'est-à-dire au niveau des interrelations multiples entre les facteurs externes et les individus des populations, à chaque stade de leur développement.

Ainsi, l'activité de vol des adultes se révèle, chez les *Empidinae*, comme très sensible aux variations de température et d'hygrométrie. Cette activité est, d'après nos résultats, généralement plus faible chez les espèces floricoles du genre *Empis*, que chez les espèces prédatrices strictes (*Hilara*, *Megacyrtarus*). Divers types de vols (vol de dispersion des mâles et vol orienté des femelles) possèdent une signification biologique qui n'est pas totalement élucidée; cependant le rapprochement avec les vols de dispersion des Odonates ou de certains Lipidoptères peut faire penser à un rôle de maturation sexuelle.

De toute façon, la localisation spatiale des essaims orientés de femelles de *Hilara* et de *Megacyrtarus crassirostris* dépend de facteurs externes différents de ceux qui ont engendré le vol: topographie, repères optiques, conditions microclimatiques. Contrairement à la spécificité des « Swarm-markers » des Nématocères, un même repère peut localiser le vol de diverses espèces d'*Hilara*, mais la compétition interspécifique est évitée par la succession chronologique des activités de chaque espèce dans un même essaim. L'existence de périodes maximales d'activité de vol a également été démontrée chez les Diptères *Culicidae* (CORBET, 1966).

Chez tous les *Empidinae*, un comportement très spécial, l'offrande, sert de déclencheur dans les parades sexuelles. Suivant les espèces, quelques variantes assurent une séparation efficace au niveau

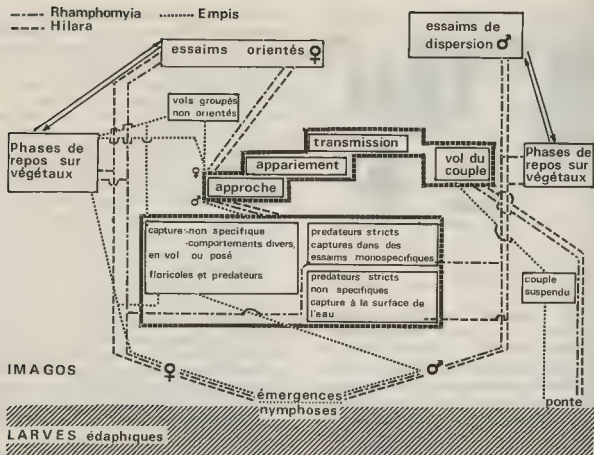


FIG. 15. — Représentation schématique comparée des différentes phases d'activité reconnues chez les *Empidinae*.

des activités de vol en essaim, des phases nutritionnelles ou de la capture des proies (fig. 15).

Cette grande susceptibilité aux conditions du milieu extérieur, de la plupart des comportements liés à la parade, assure, chez les *Empidinae*, la possibilité d'établir et de maintenir la stabilité spécifique. Cette influence combinée des facteurs externes et des caractéristiques propres à chaque espèce entraîne une dispersion puis une concentration des populations d'adultes qui va, bien entendu, retenir sur la localisation et la densité des populations larvaires suivant les modalités de la ponte.

Cependant la localisation définitive des larves jusqu'à leur dernier stade, puis celle des émergences, sont conditionnées par la texture, la structure, la

nature biologique de chaque humus. Il s'ensuit pour les différentes espèces en définitive une localisation écologique relativement précise (fig. 16). Nous retrouvons, au niveau des localisations temporelles des émergences, l'action directe de l'environnement physicochimique, puisque l'échelonnement des fréquences d'éclosions peut être mis en corrélation avec les variations de l'état hydrique et thermique. Les espèces les plus tardives se trouvent localisées dans les stations qui conservent, grâce à leur exposition et à leur couvert angulaire, une teneur en eau suffisamment élevée.

Cette liaison avec l'eau est très nette encore chez les nymphes qui, pour la plupart des espèces, ne peuvent donner un imago que dans le cas où l'éner-

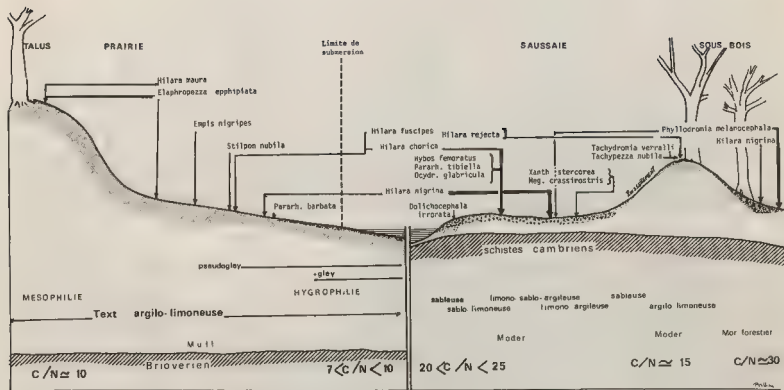
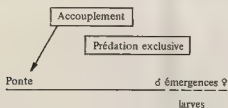


FIG. 16. — Schéma récapitulatif de la zonation larvraire des Diptères Emtidae dans les deux séries prospectées.

gie de rétention du sol est comprise entre pF 2,85 et 3. Sans doute faut-il chercher l'explication de cette constatation dans le fait que les dispositifs adaptatifs liés à une respiration dans les milieux mouillés sont absents à ce stade, opposant ainsi les *Empididae* aux *Dolichopodidae*, dont les stigmates prothoraciques sont très modifiés (HINTON, 1968). Dans l'état actuel de nos connaissances des *Empididae*, les seules espèces possédant des structures stigmatiques adaptées à la respiration aquatique appartiennent aux *Hemerodromiinae* (*Atalantinae*).

La valeur taxinomique des critères écoéthologiques ressort encore davantage lorsque l'on compare, aux observations sur les *Empidinae*, nos connaissances des *Tachydromiinae*. Les espèces de cette dernière famille, exigent pour le déroulement complet de leur cycle, un ensemble de conditions se trouvant réunies dans un espace restreint. Ainsi, les larves édaphiques de *Tachydromia verralli* se développent, si on en juge après les résultats des émergences des imagos (KOVALEV, 1966) se nourrissent et effectuent l'ensemble des comportements liés à la reproduction sur l'écorce du même arbre. Il n'existe, d'après l'auteur, dans cette séquence de comportement, aucune phase obligatoire en vol; on peut donc penser que la dispersion des adultes est relativement beaucoup moins importante que chez les *Empidinae*.



Le recours aux caractères morphologiques et anatomiques nous a permis de retrouver chez les larves et les imagos une diversité dont nous sommes tenté de souligner le parallélisme avec la diversité de nos observations-éco-éthologiques.

Les larves présentent plusieurs types morphologiques et anatomiques laissant apparaître une parenté entre *Empis* et *Rhamphomyia* (métapneustiques) alors que le *Hilara* en diffère notablement (amphipneustiques). La diversité morphologique et anatomique constatée chez les larves s'oppose à l'uniformité des formes nymphales liées, comme nous l'avons déjà signalé, à des conditions hydriques du sol beaucoup plus étroite.

Cette spécialisation se trouve vérifiée par l'éthologie des imagos; elle se traduit par une plus grande diversité dans les comportements de capture chez les espèces autres que les *Hilara*, ainsi que par une diminution progressive des vols en essaims aussi bien chez les mâles que chez les femelles des espèces partiellement floricoles. Ceci est très caractéristique chez *Kriptempis livida* dont les femelles ne s'envolent qu'au moment où apparaît un mâle et sa proie.

Notre étude a permis de trouver en *Phyllosdromia melanocephala*, le seul exemple de larve édaphique connu chez les *Hemerodromiinae*. Il s'agit aussi d'un type larvaire particulier qui, contrairement à toutes les larves connues de cette sous-famille, est dépourvu de pseudopodes abdominaux armés. Cette larve montre enfin des affinités sclérifiées, confirmant ainsi les conclusions de BAHRMANN sur une origine commune possible entre les *Empidinae* et les *Hemerodromiinae*.

Au terme de cette étude et en considérant les nombreux travaux préexistants, nous pouvons dire que les Diptères *Empididae* constituent un exemple remarquable de diversité aussi bien morphologique que biologique. Il n'est pas certain que toutes ces espèces jouent un rôle prépondérant dans l'équilibre biologique des écosystèmes dont ils font partie, cependant qu'il s'agisse des espèces floricoles, ou prédatrices, leur importance ne doit pas être méconnue comme Insectes pollinisateurs ou destructeurs de phytophages.

RESUME

Ce texte représente les deux chapitres d'intérêt écologique d'une thèse d'état, soutenue à Rennes, dont la première partie comporte une étude morphologique et anatomique des imagos et surtout des larves édaphiques des Diptères Empididae.

L'étude écologique montre la diversité des peuplements diptérologiques suivant les caractéristiques physicochimiques et phytosociologiques des différentes localités. La prise en considération, d'une part de la distribution spatiale des différentes espèces, d'autre part de la chronologie des émergences des imagos montre l'importance prépondérante des variations saisonnières de l'état hydrique du sol.

Bien sûr, la dynamique des populations est également liée à la phase aérienne et donc à l'écologie des imagos, dont la dispersion plus ou moins importante est décrite par rapport aux comportements de reproduction. Il en résulte la mise en évidence de micro-migrations prévisibles par la connaissance de facteurs climatiques dont plus particulièrement la température de l'hygrométrie.

Ces recherches, menées aussi bien sur les populations larvaires que sur les imagos, aboutissent à quelques résultats sur la valeur indicatrice des larves de quelques espèces édaphiques, ainsi qu'à une signification nouvelle des comportements liés à la reproduction chez les Empidinae.

SUMMARY

This articles represents two ecological chapters which were presented in a state doctorate at Rennes. The first part of the thesis comprises a morphological and anatomical study of adults and chiefly the edaphic larvae of the Diptera Empididae.

The ecological study shows the diversity of Diptera populations by using the physico-chemical and phytosociological characteres of various localities. By the consideration of both spatial distribution of the different species and chronology of adult emergence the predominant importance of seasonal variations and the hydric condition of the soil is shown.

Naturally, population dynamics are also linked to the aerial phase and therefore to the ecology of the adults, whose dispersion is described in relation to reproductive. Consequently micro-migrations have been demonstrated that could have been forseen by the knowledge of climatic factors, notably temperature and hygrometry.

This research effected on both larval and adult populations, leads to several results as to the indicatory value of the larvae in several edaphic species as well as to a new significance of behaviour associated with reproduction in the Empidinae.

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE LA FAUNE MALACOLOGIQUE DANS LE "WESTHOEK"

par Slavica SEVO

*Station de Zoologie appliquée de Gembloux**

I. — INTRODUCTION

Au cours des dernières années le Groupe de Travail pour la lutte contre les Limnées dans les prairies a mis à son programme l'étude des peuplements malacologiques des prairies dans certaines régions de Belgique (1). Dans le cadre de ce programme une attention particulière est actuellement portée à la faune malacologique des fossés poldériens dans la région de Furnes.

En complément, nous avons procédé au mois de juin 1970 à une enquête dans les anciennes dunes du « Westhoek » comprises entre les Polders de Furnes et la mer du Nord. Le voisinage immédiat de ce territoire et des voies d'évacuation des eaux des Polders fait que les peuplements malacologiques de l'une pourraient influencer la structure des autres, de façon accidentelle, temporaire ou continue. Il importe donc de connaître la nature de ces peuplements pour savoir si cette hypothèse est à retenir ou à rejeter.

Les aires d'échantillonnage ont été choisies dans différents biotopes caractéristiques du territoire étudié (fig. 1).

Les aires numérotées de 1 à 7 sont localisées sur les bords du canal de Nieupoort à Dunkerque (= biotope I). Celles qui sont marquées de 8 à 16 se succèdent le long des fossés de drainage (= biotope II) évacuant au travers de la ceinture de dunes les eaux provenant des terres basses des polders. Les aires d'échantillonnage portant les numéros 17 à 31 sont réparties dans la plaine ondulée issue des anciennes dunes (= biotope III); les quatre premiers en milieu herbacé = biotope III a), les quatre suivants en milieu boisé (= biotope III a). Les quatre qui suivent se trouvent en bordure de la route (= biotope III c), les quatre derniers correspondent à des microhabitats particuliers (au pied des troncs d'arbres et sous des branches mortes gisant sur le sol (= biotope III d).

L'aire d'échantillonnage n° 32 est constituée par les bords d'un étang à Adinkerque (= biotope IV).

La description détaillée des différentes aires d'échantillons figure en fin de texte (Annexe I).

La zone côtière recouverte de dunes récentes n'est pas reprise dans cette étude, à l'exception de l'aire d'échantillonnage n° 23 situé dans une dépression à l'entrée de La Panne.

Une technique d'échantillonnage bien déterminée a été utilisée dans les 32 aires choisies pour définir les caractéristiques de la répartition de la faune malacologique sur le territoire étudié. Un ou plusieurs échantillons du matériel servant de refuge ou de substrat naturel aux mollusques ont été prélevés

* Groupe de travail sur les Limnées (Président: Prof. W.E. VAN DEN BRUEL).

(1) Etude effectuée par R. MOENS, Chef de Travaux à la Station de Zoologie appliquée à Gembloux.

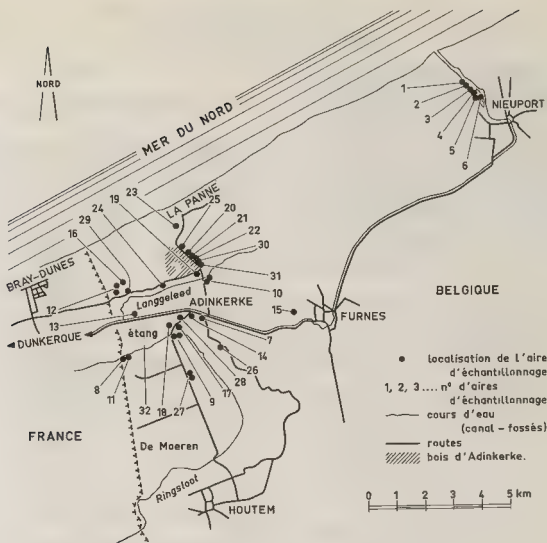


FIG. 1

dans chaque aire. L'échantillon est constitué, par exemple, de la couche humique du sol existant sous les débris végétaux, sous les pierres et objets divers, de touffes de plantes, de dépôts d'algues, de bouquets de plantes aquatiques submergées, de sédimentations biogéniques et autres substrats gisant au fond des eaux.

Chaque échantillon, étiqueté et conservé isolément, comporte environ un kilo de matériaux.

Les mollusques vivants et les coquilles vides ont été extraites au laboratoire par trempage et lavage, les eaux boueuses passent par un jeu de quatre tamis (mailles de 3 - 2 - 1 et 0,7 mm).

La détermination des espèces a été faite d'après l'ouvrage de ADAM (1960). Pour certaines espèces, nous avons aussi consulté ceux de EHRMANN (1933) et de GERMAIN (1931).

II. — PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

Les résultats de cette enquête sont présentés dans les tableaux I à IV. Ceux-ci fournissent, pour les différentes espèces de Gastéropodes observés, le nombre des individus vivants et des coquilles vides trouvés dans les échantillons.

Les espèces y sont classées dans l'ordre systématique. Elles ont été subdivisées en trois groupes : les Prosobranches, les Basommatophores et les Stylommatophores, à l'exception des limaces qui ne sont pas mentionnées dans la liste.

Le tableau I comporte l'analyse des échantillons prélevés sur les bords du canal de Nieuport-Dunkerque.

Le tableau II concerne les échantillons prélevés le long des fossés de drainage.

Le tableau III a trait aux échantillons prélevés dans les herbages et les bois recouvrant les anciennes dunes.

La première partie du tableau (III₁) concerne les échantillons pris nettement dans ces milieux ; la seconde partie (III₂) porte sur les échantillons prélevés dans des situations particulières déterminées par les bords de routes ou les pieds des arbres.

Le tableau IV montre les résultats des analyses d'échantillons provenant d'un étang à Adinkerke.

Dans un tableau récapitulatif (tableau V) nous avons établi la liste complète de toutes les espèces observées dans l'ensemble des échantillons.

Celles-ci sont classées dans chaque groupe suivant leur importance relative. Pour chaque espèce cette importance est exprimée par trois chiffres : le nombre d'échantillons dans lesquels le mollusque a été trouvé (colonne 8), le nombre des biotopes dans lesquels l'espèce est présente (colonne 9), le nombre d'échantillons contenant le mollusque vivant (colonne 10).

La représentation des espèces dans chaque biotope est donnée par les colonnes 1 à 7 du tableau.

Ces colonnes montrent pour chaque espèce le nombre d'échantillons dans lesquels le mollusque a

été trouvé (premier chiffre) et le nombre d'échantillons contenant des individus vivants (deuxième chiffre).

III. — DISCUSSION DES RÉSULTATS

Au total, 39 espèces de Gastéropodes ont été trouvées sur les bords du canal.

Les Prosobranches constituent un groupe caractéristique dans lequel les *Hydrobia* sp. sont bien représentés. Ce groupe se compose, d'une part, des éléments vivant dans les eaux saumâtres (*Hydrobia ulvae*, *Hydrobia stagnorum*, *Assiminea grayana*), et même des espèces typiquement littorales (*Littorina littorea*), d'autre part, des sujets dulcicoles pouvant supporter un haut degré de salinité (*Hydrobia jenkinsi*, *Bitynia tentaculata*, *Bithynia leachi*, *Valvata* sp.).

Parmi les Basommatophores, signalons la présence des espèces dulcicoles à caractère euryhalins : *Limnaea peregra*, *Spiralina vortex*, *Tropidiscus carinatus*, *Tropidiscus planorbis*, *Anisus laevis* et *Bathymphalus contortus*. A l'exception de l'espèce ubiquiste *Limnaea peregra*, les limnées font défaut.

Le groupe comporte également deux espèces typiquement littorales *Alexia myosotis* et *Alexia denticulata*. La présence d'individus vivants de la seconde espèce est signalée pour la première fois en Belgique.

Le groupe des Stylommatophores peuplant les parties émergées de la berge comprend des espèces terrestres très largement répandues dans le pays (*Cochlicopa lubrica*, *Vallonia pulchella*, *Vallonia costata*, *Ceciloides acicula*, *Discus rotundatus*, *Punctum pygmaeum*, *Oxychilus draparnaudi*, *Oxychilus cellarius*, *Zonitoides nitidus*, *trichia hispida*, *Trichia sericea*, *Helix aspersa*), et un petit nombre d'espèces typiquement représentées dans les dunes du littoral ou dans les régions calcaires (*Lauria cylindracea*, *Pupilla muscorum*, *Helicella virgata*, *Helicella profuga*).

La faune malacologique trouvée sur les bords du canal est donc influencée par des facteurs littoraux

TABLEAU I
 Nombre de mollusques récoltés
 Bords du canal Nieuport - Dunkerque

N° aires d'échantillonnage	1		2		3		4		5		6		7	
Espèces	(+)	(++)	(+)	(++)	(+)	(++)	(+)	(++)	(+)	(++)	(+)	(++)	(+)	(++)
PROSOBRANCHIA														
1 - <i>Hydrobia stagnorum</i> Gmelin, 1790	6	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-
2 - <i>Hydrobia ulvae</i> Pennant 1777	6	-	9	-	39	7	4	2	-	-	3	-	-	-
3 - <i>Hydrobia jenkinsi</i> Smith 1889	21	-	18	-	-	-	-	-	24	-	2	-	9	-
4 - <i>Bithynia tentaculata</i> Linne 1758	5	-	10	-	4	-	-	-	7	-	-	-	-	-
5 - <i>Bithynia leachi</i> Sheppard 1823	3	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6 - <i>Valvata piscinalis</i> Muller 1774	8	-	6	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-
7 - <i>Valvata cristata</i> Muller 1774	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8 - <i>Assiminea grayana</i> Fleming 1828	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-
9 - <i>Littorina littorea</i> Linne 1758	-	-	-	-	-	-	11	12	-	-	-	-	-	-
10 - <i>Buccinum undatum</i> Linne 1758	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BASOMMATOPHORA														
1 - <i>Limnaea peregra</i> Muller 1774	2	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	3	3
2 - <i>Spiralinea vortex</i> Linne 1758	8	-	8	-	-	-	3	-	9	-	-	-	3	3
3 - <i>Tropidiscus carinatus</i> O.F. Muller 1774	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4 - <i>Segmentina nitida</i> Muller 1774	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5 - <i>Tropidiscus planorbis</i> Linne 1758	10	-	7	-	3	-	-	-	8	-	-	-	-	-
6 - <i>Anisus rotundatus</i> Poirer 1801	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7 - <i>Anisus laevis</i> Alder 1838	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
8 - <i>Bathymphalus contornius</i> Linne 1758	-	-	2	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-
9 - <i>Alexia denticulata</i> Montagu 1803	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10 - <i>Alexia myosotis</i> Draparnaud 1801	-	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
STYLOMMATOPHORA														
1 - <i>Cochlicopa lubrica</i> Muller 1774	16	-	9	-	-	-	8	-	9	-	-	-	8	-
2 - <i>Lauria cylindracea</i> Da Costa 1798	4	-	2	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-
3 - <i>Pupilla muscorum</i> Linne 1758	6	-	3	-	-	-	-	-	2	-	-	-	8	3
5 - <i>Vallonia pulchella</i> Muller 1774	3	-	3	-	4	-	-	-	8	-	-	-	-	-
6 - <i>Vallonia costata</i> Muller 1774	5	-	-	-	-	-	5	-	-	-	6	-	12	-
7 - <i>Cecliohides acicula</i> Muller 1774	4	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
8 - <i>Discus rotundatus</i> Muller 1774	6	-	8	-	2	-	-	-	2	-	-	-	5	-
9 - <i>Punctum pygmaeum</i> Draparnaud 1801	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10 - <i>Oxychilus draparnaudi</i> Beck 1837	1	-	10	-	-	-	1	-	5	-	-	-	-	-
11 - <i>Oxychilus cellarius</i> Muller 1774	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	3	2	5	4
12 - <i>Zonitoides nitidus</i> Muller 1774	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13 - <i>Vitrina major</i> Ferussac 1807	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-
14 - <i>Helicella cespitum</i> Draparnaud	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15 - <i>Helicella virgata</i> Da Costa 1778	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16 - <i>Helicella profuga</i> Schmidt 1854	-	-	2	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17 - <i>Trichia sericea</i> Drap. 1801	4	-	8	-	-	-	-	-	13	-	-	-	-	-
18 - <i>Trichia hispida</i> Linne 1758	-	-	12	-	-	-	4	-	-	-	-	-	10	2
19 - <i>Cochlicella acuta</i> Muller 1774	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20 - <i>Helix aspersa</i> Muller 1774	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-
Nombres d'espèces	26	-	24	-	1	8	1	8	2	15	-	1	11	4

(+) Coquilles vides

(++) Mollusques vivants

tels que la salinité de l'eau et l'effet des marées pour les espèces aquatiques, le sol calcaireux de dunes pour les espèces terrestres.

Les 12 échantillons pris dans les fossés de drainage renferment au total 43 espèces de Gastéropodes.

Par rapport à la faune observée sur les berges du canal, nous constatons parmi les Prosobranches et les Basommatophores la disparition des éléments littoraux, tandis que les espèces dulcicoles à caractère euryhalin constituent les éléments les plus caractéristiques du groupe : *Hydrobia jenkinsi* et *Limnaea peregra* sont les espèces les plus typiques de cette évolution. Ces deux espèces dominent nettement la faune malacologique des fossés mésohalins et oligohalins.

En même temps d'autres espèces dulcicoles apparaissent (*Limnaea truncatula*, *Limnaea palustris*, *Limnaea glabra* et les Physidés : *Aplexa hypnorum*, *Physa acuta* et *Physa fontinalis*).

Parmi les Basommatophores signalons la présence des *Carychium minimum* et *Carychium tridentatum*, deux hygrophiles très répandus sur le sol humide.

Parmi les Stylommatophores le groupe des hygrophiles fait également son apparition (*Succinea Pfeifferi*, *Succinea obinga* et *Succinea putris*). Ces hygrophiles sont toujours accompagnés des espèces ubiquistes.

Par contre, les espèces de dunes sont en régression sous l'effet de l'humidité du sol; toutefois, la persistance des *Helicella* spp. et de *Pupilla muscorum* sur le terrain reflète toujours l'effet des dunes sur le milieu proche des fossés.

La faune malacologique des fossés comporte donc comme groupes caractéristiques, d'une part, les espèces dulcicoles à caractère euryhalin, d'autre part, un groupe hygrophile lié aux terrains humides et marécageux. Ces deux groupes sont accompagnés des quelques espèces typiques des dunes. En dehors de cette association typique l'on retrouve dans les fossés un nombre croissant d'espèces dulcicoles et terrestres largement répandues dans le pays. Ce nombre augmente au fur et à mesure que les terrains perdent leur caractère littoral.

La plaine ondulée comporte des terrains assez hétérogènes.

Dans une première série de terrains, nous avons étudié 4 endroits situés dans des zones herbacées.

Les trois premiers terrains de cette catégorie (n° 16 - 17 - 18) sont localisés dans des zones sèches. Certaines sont extrêmement pauvres en mollusques et dans ce cas seulement l'ubiquiste *Vallonia pulchella* y apparaît comme un élément constant. Lorsque le terrain se révèle plus hospitalier aux mollusques (station n° 16) l'on y trouve d'autres stylommatophores ubiquistes : *Cochlicopa lubrica*, *Retinella hammonis*, *Oxychilus draparnaudi* accompagnés de quelques espèces faisant partie d'un groupe littoral : *Helicella profuga*, *Truncatellina cylindrica*, *Pupilla muscorum*, *Vertigo angustior*. Les trois premières espèces de ce groupe sont des représentants des terrains secs, la dernière nettement plus hygrophile est typique des prairies situées le long du littoral.

Le quatrième terrain (n° 19) comporte un peuplement de Gastéropodes analogue à celui des terrains précédents, mais il est enrichi d'un groupe hygrophile représenté par les *Carychium* spp. et des *Succinea* spp. Parmi ces dernières nous avons noté *Succinea arenaria*, espèce typiquement littorale en voie de disparition. Cette variante hygrophile s'observe dans les creux des zones herbacées.

Une deuxième série de terrains (n° 20 - 21 - 22 - 23) concerne les endroits boisés. Le peuplement malacologique de ces endroits se rapproche de la variante hygrophile des terrains précédents. Certains creux (n° 20 et 23) hébergent de plus, des espèces dulcicoles : *Limnaea truncatula*, *Valvata piscinalis*, *Hydrobia* spp. La présence de ces Gastéropodes indique que ces terrains sont parfois submergés pendant certaines périodes de l'année. Ce petit groupe de dulcicoles caractérise la population malacologique dans les creux des dunes temporairement inondés (= « pannes »). Il s'agit des espèces vivant dans les zones de transition entre les eaux saumâtres et les eaux douces, d'une part, et entre le milieu sec et le terrain submergé, d'autre part.

TABLEAU II
Nombre de mollusques récoltés
Fossés de drainage

N° aires d'échantillonnage	8		9		10		11	12		13	14	15
Espèces	a	b	a	b	a	b		a	b			
PROSOBRANCHIA												
1 - <i>Hydrobia ulvae</i> PENNANT 1777	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
2 - <i>Hydrobia jenkinsi</i> SMITH 1889	-	-	27	28	-	-	23	6	6	5	30	15
3 - <i>Bithynia tentaculata</i> LINNE 1758	-	-	-	-	6	8	-	-	-	-	-	9
4 - <i>Bithynia leachi</i> SHEPPARD 1823	-	-	-	-	1	2	3	-	-	-	-	19
5 - <i>Vahata piscinalis</i> MULLER 1774	-	-	9	6	3	8	-	-	1	-	-	-
6 - <i>Vahata macrostoma</i> STEENBUCH 1847	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-
7 - <i>Vahata crustata</i> MULLER 1774	-	-	1	-	-	2	-	-	-	-	-	-
BASOMMATOPHORA												
1 - <i>Limnaea glabra</i> MULLER 1774	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
2 - <i>Limnaea peregra</i> MULLER 1774	24	4	9	8	12	13	3	22	5	18	14	8
3 - <i>Limnaea palustris</i> MULLER 1774	-	-	-	2	-	1	2	2	-	-	-	22
4 - <i>Limnaea truncatula</i> MULLER 1774	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	8	12
5 - <i>Limnaea auricularia</i> LINNE 1758	-	-	4	-	-	-	-	-	-	3	-	8
6 - <i>Aplexa hypnorum</i> LINNE 1758	4	2	-	-	-	-	2	6	-	-	9	7
7 - <i>Physa acuta</i> DRAPARNAUD 1805	7	-	8	14	-	-	9	-	-	-	2	3
8 - <i>Physa fontinalis</i> LINNE 1758	-	-	-	3	-	14	-	-	-	-	23	3
9 - <i>Spiralina vortex</i> LINNE 1758	-	-	-	-	3	6	-	8	23	-	-	3
10 - <i>Tropidiscus planorbis</i> LINNE 1758	4	-	1	-	2	6	5	2	-	-	9	2
11 - <i>Anisus rotundatus</i> POIRET 1801	4	6	5	-	-	-	8	4	-	9	15	4
12 - <i>Armiger orista</i> LINNE 1758	-	-	-	4	-	-	4	-	-	3	8	1
13 - <i>Bathymphalus contortus</i> LINNE 1758	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	5
14 - <i>Carychium minimum</i> MULLER 1774	-	-	-	-	-	3	-	7	-	-	-	-
15 - <i>Carychium tridentatum</i> RISSO 1826	-	-	-	-	-	-	2	8	-	-	-	-
STYLOMMATOPHORA												
1 - <i>Succinea putris</i> LINNE 1758	-	-	-	-	-	5	-	2	2	-	1	5
2 - <i>Succinea pfeiferi</i> ROSSMASSLER 1835	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7
3 - <i>Succinea oblonga</i> DRAPARNAUD 1801	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	8
5 - <i>Cochlicopa lubrica</i> MULLER 1774	5	3	5	6	-	5	-	7	5	-	-	4
6 - <i>Vertigo pygmaea</i> DRAPARNAUD 1801	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-
7 - <i>Vallonia pulchella</i> MULLER 1774	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	2
8 - <i>Vallonia costata</i> MULLER 1774	-	13	7	-	-	4	16	-	-	-	-	-
9 - <i>Pupilla muscorum</i> LINNE 1758	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
10 - <i>Discus rotundatus</i> MULLER 1774	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-
11 - <i>Oxychilus alliarius</i> MILLER 1822	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	5
12 - <i>Oxychilus draparnaudi</i> BECK 1837	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13 - <i>Oxychilus cellarius</i> MULLER 1774	-	5	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
14 - <i>Vitrina major</i> FERUSSAC 1807	2	2	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
15 - <i>Vitrina pellucida</i> MULLER 1774	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16 - <i>Helicella virgata</i> DA COSTA 1778	4	4	-	-	-	-	-	8	-	-	3	-
17 - <i>Trichia sericea</i> DRAPARNAUD 1801	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18 - <i>Trichia hispida</i> LINNE 1758	-	-	-	3	8	3	3	-	-	-	-	-
19 - <i>Cochlicella acuta</i> MULLER 1774	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nombre d'espèces	11	3	8	1	10	12	1	11	3	15	1	10

TABLEAU III,
Nombre de mollusques récoltés
Anciennes dunes

N° aires d'échantillonnage	Zone herbacée				Zone boisée			
Espèces	16	17	18	19	20	21	22	23
PROSOBRANCHIA								
1 - <i>Hydrobia ulvae</i> PENNANT 1777	-	-	-	-	-	-	-	6
2 - <i>Hydrobia stagnorum</i> GMELIN, 1790	-	-	-	-	-	-	-	8
3 - <i>Valvata piscinalis</i> MULLER 1774	-	-	-	-	-	-	-	5
BASOMMATOPHORA								
1 - <i>Limnaea truncatula</i> MULLER 1774	-	-	-	-	1	-	-	-
2 - <i>Spirulina vortex</i> LINNE 1758	-	-	-	-	-	-	-	7
3 - <i>Carychium minimum</i> MULLER 1774	-	-	-	14	-	2	-	-
4 - <i>Carychium tridentatum</i> RISSO 1826	-	-	-	-	9	3	4	2
STYLOMMATOPHORA								
1 - <i>Succinea putris</i> LINNE 1758	-	-	-	4	2	-	-	-
2 - <i>Succinea oblonga</i> DRAPARNAUD 1801	-	-	-	-	4	4	2	3
3 - <i>Succinea arenaria</i> BOUCH. CHAN. 1837	-	-	-	1	-	-	-	-
4 - <i>Cochlicopa lubrica</i> MULLER 1774	7	1	-	5	5	3	3	19
5 - <i>Vertigo angustior</i> JEFFREYS 1830	2	2	-	2	4	2	1	-
6 - <i>Vertigo pygmaea</i> DRAPARNAUD 1801	-	-	-	-	1	1	-	-
7 - <i>Truncatellina cylindrica</i> FERUSSAC	9	3	-	-	-	-	-	-
9 - <i>Pupilla muscorum</i> LINNE 1758	2	-	-	4	1	-	-	4
10 - <i>Lauria cylindracea</i> DA COSTA 1778	-	-	-	-	-	-	3	1
11 - <i>Orcula doholum</i> BRUGUIERE 1792	-	-	-	-	-	-	2	-
12 - <i>Vallonia pulchella</i> MULLER 1774	2	-	4	1	2	3	5	-
13 - <i>Vallonia costata</i> MULLER 1774	-	-	-	-	11	3	-	8
14 - <i>Ceclioidea acicula</i> MULLER 1774	-	-	-	-	-	-	-	4
15 - <i>Retinella nitidula</i> DRAPARNAUD 1805	-	-	-	-	4	2	-	-
16 - <i>Retinella pura</i> ALDER 1830	-	-	-	-	-	1	-	-
17 - <i>Retinella hammonis</i> STROM 1765	1	-	-	-	-	-	-	-
18 - <i>Oxychilus alliarius</i> MILLER 1822	-	-	-	-	-	2	-	-
19 - <i>Oxychilus draparnaudi</i> BECK 1837	3	-	-	4	6	-	-	7
20 - <i>Vitrea crystallina</i> MULLER 1774	-	-	-	2	-	-	-	-
21 - <i>Vitrea pellucida</i> MULLER 1774	-	-	-	-	-	-	1	7
22 - <i>Vitrea major</i> FERUSSAC 1877	2	-	-	-	6	1	-	6
23 - <i>Euconulus fulvus</i> MULLER 1774	-	-	-	1	-	-	-	-
24 - <i>Helicella virgata</i> DA COSTA 1778	-	-	-	-	-	-	-	18
25 - <i>Helicella profuga</i> SCHMIDT 1854	2	-	-	-	-	-	-	6
26 - <i>Trichia hispida</i> LINNE 1758	-	-	-	7	4	3	1	12
27 - <i>Trichia sericea</i> DRAPARNAUD 1801	-	-	-	-	-	-	-	8
28 - <i>Cochlicella ventricosa</i> DRAPARNAUD	-	-	-	-	-	-	-	3
29 - <i>Cepaea hortensis</i> MULLER 1774	1	-	-	-	1	-	-	-
30 - <i>Helix aspersa</i> MULLER 1774	-	-	-	-	-	-	-	2
Nombre d'espèces	10	3	1	1	1	11	3	12

TABLEAU III₂
Anciennes dunes

N° aires d'échantillonnage	Bords de routes								Microhabitat particulier au pied des arbres							
Espèces	24	25	26	27		28	29	30	31							
				a	b											
PROSOBRANCHIA																
1 - <i>Hydrobia jenkunst</i> SMITH 1889	3	-	-	6	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BASOMMATOPHORA																
1 - <i>Limnaea peregra</i> MULLER 1774	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2 - <i>Limnaea palustris</i> MULLER 1774	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3 - <i>Physa fontinalis</i> LINNE 1758	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4 - <i>Tropidiscus planorbis</i> LINNE 1758	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5 - <i>Carychium minimum</i> MULLER 1774	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
STYLOMMATOPHORA																
1 - <i>Succinea oblonga</i> DRAPARNAUD 1801	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
2 - <i>Cochlicopa lubrica</i> MULLER 1774	2	-	8	-	-	5	3	-	-	-	-	-	-	-	1	2
3 - <i>Vertigo angustior</i> JEFFREYS 1830	-	-	4	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4 - <i>Truncatellina cyclindrica</i> FERUSSAC 1807	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5 - <i>Vallonia pulchella</i> MULLER 1774	-	-	-	12	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2	-	-
6 - <i>Vallonia costata</i> MULLER 1774	6	-	18	6	-	12	8	3	2	-	-	-	-	-	5	3
7 - <i>Balea perversa</i> LINNE 1758	-	-	2	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
8 - <i>Ceclioidea acicula</i> MULLER 1774	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9 - <i>Punctum pygmaeum</i> DRAPARNAUD 1801	-	-	4	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10 - <i>Oxychilus allarius</i> MILLER 1822	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
11 - <i>Oxychilus draparnaudi</i> BECK 1837	-	-	6	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
12 - <i>Oxychilus cellarius</i> MULLER 1774	1	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13 - <i>Vitrina pellucida</i> MULLER 1774	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14 - <i>Vitrea major</i> FERUSSAC 1807	-	-	-	3	-	2	3	-	-	-	-	-	-	-	1	-
15 - <i>Euconulus fulvus</i> MULLER 1774	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16 - <i>Helicella unifaciata</i> POIRET 1801	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17 - <i>Helicella virgata</i> DA COSTA 1798	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18 - <i>Trichia hispida</i> LINNE 1758	-	-	13	5	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-
19 - <i>Trichia sericea</i> DRAPARNAUD 1801	2	-	6	3	-	-	4	2	-	-	-	-	-	-	3	-
Nombre d'espèces	6	-	16	4	5	-	5	-	6	-	5	1	1	-	1	8 2

Remarquons également que *Vallonia pulchella* est souvent remplacé par *Vallonia costata*, ce qui accentue le caractère hygrophile des dunes et des terrains boisés. La présence de *Cochlicella ventricosa* dans une de ces stations est aussi caractéristique des dunes littorales.

En ce qui concerne les terrains (n° 24 - 25 - 26 - 27) examinés le long des routes, ceux-ci se sont

révéls assez hétérogènes dans la composition des populations malacologiques.

Pour les Stylommatophores, nous retrouvons l'influence des dunes (*Vallonia costata* et d'une façon plus irrégulière, *Helicella* spp. et certains Vertiginidés typiques).

Ce groupe typique des dunes est combiné à un peuplement d'espèces hygrophiles (*Succinea* spp., certains Basommatophores dulcicoles et même des

Prosobranches). Il trouve son origine dans le fait que les échantillons ont été prélevés soit en bordure des fossés longeant les routes (n° 24 - 26 - 27), soit dans une dépression boisée de dunes (n° 26). Plusieurs coquilles ont été trouvées sur les bords des routes après avoir été extraites du fond des fossés lors du curage de ceux-ci.

Les échantillons prélevés dans les microhabitats favorables, au pied des arbres pourris ou en dessous des branches tombées, n'ont rien de particulier. Ces peuplements malacologiques sont relativement pauvres en espèces. Quant à la composition de cette faune, elle constitue une variante hygrophile typique des dunes. La seule espèce caractéristique du microhabitat est *Balea perversa* dont la présence est liée à celle des troncs d'arbres.

L'analyse malacologique de 5 échantillons pris en bordure d'un étang à Adinkerke ne reflète plus l'influence littorale du terrain.

Nous retrouvons un peuplement malacologique caractéristique des étangs eutrophiques mélangé à un groupe de Stylommatophores terrestres localisés sur les parties émergées de la berge.

Tout au plus peut on reconnaître un certain effet littoral dans la dominance de *Hydrobia jenkinsi* et *Limnaea peregra*.

Une légère salinité de l'eau pourrait favoriser la multiplication de ces mollusques par rapport aux autres espèces.

Le tableau V récapitulatif fournit une idée assez complète de l'ensemble des espèces malacologiques

TABLEAU IV
Nombre de mollusques récoltés
Etang à Adinkerke

N° aires d'échantillonnage		32									
Espèces		a		b		c		d		e	
PROSOBRANCHIA											
1 - <i>Hydrobia jenkinsi</i> SMITH 1889		6	—	35	—	12	—	38	3	34	19
BASOMMATOPHORA											
1 - <i>Limnaea peregra</i> MULLER 1774		8	—	24	—	9	7	29	—	22	9
2 - <i>Limnaea palustris</i> MULLER 1774		—	—	1	—	—	—	—	—	—	—
3 - <i>Limnaea truncatula</i> MULLER 1774		—	—	—	—	—	—	2	—	—	—
4 - <i>Physa acuta</i> DRAPARNAUD 1805		—	—	—	—	6	—	16	—	11	2
5 - <i>Physa fontinalis</i> LINNE 1758		3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6 - <i>Armiger crista</i> LINNE 1758		—	—	4	—	—	—	—	—	3	3
STYLOMMATOPHORA											
1 - <i>Succinea oblonga</i> DRAPARNAUD 1801		—	—	—	—	3	—	1	—	—	—
2 - <i>Succinea putris</i> LINNE 1758		—	—	—	—	—	—	2	1	—	—
3 - <i>Cochlicopa lubrica</i> MULLER 1774		3	—	—	—	—	—	—	—	3	—
4 - <i>Vertigo pygmaea</i> DRAPARNAUD 1801		—	—	—	—	—	—	1	—	—	—
5 - <i>Columella edentula</i> DRAPARNAUD 1805		—	—	—	—	—	—	1	—	—	—
6 - <i>Vallonia pulchella</i> MULLER 1774		4	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7 - <i>Oxychilus lucidus</i> MULLER 1774		—	—	1	—	—	—	—	—	—	—
8 - <i>Trichia hispida</i> LINNE 1758		1	—	3	—	5	3	4	—	5	—
9 - <i>Trichia sericea</i> DRAPARNAUD 1801		2	—	—	—	—	—	—	—	2	—
10 - <i>Helicella virgata</i> DA COSTA 1798		—	—	—	—	2	—	—	—	—	—
11 - <i>Helix pomatia</i> LINNE 1758		3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Nombre d'espèces		8	—	6	—	6	2	9	2	7	4

a - Berge, b - Bord de l'eau ; c - Bord de l'eau ; d - Bord de l'eau - boisé, e - Dans l'eau.

du « Westhoek ». Au total nous avons trouvé 71 espèces de Gastéropodes, ce qui représente environ 50 % du potentiel faunique trouvé en Belgique. Cette richesse inattendue dans une région apparemment peu favorable aux mollusques (sol sablonneux et sec) s'explique par les différentes possibilités écologiques qui leur sont offertes.

Les anciennes dunes du « Westhoek » occupent une zone de transition entre l'eau saumâtre du littoral et l'eau douce à l'intérieur du pays. Cette particularité a favorisé l'installation dans les fossés et les canaux d'espèces typiques.

Il en est de même pour les espèces terrestres auxquelles un groupe spécialement adapté aux dunes vient s'ajouter. Il s'agit généralement d'espèces xérophiles et calcicoles.

Quant à la classification des espèces suivant leur

importance relative, nous trouvons dans chaque groupe une ou plusieurs espèces visiblement dominantes : *Hydrobia jenkinsi* chez les Prosobranches (20 échantillons positifs) et *Limnaea peregra* chez les Basommatophores (20 échantillons positifs).

Les Stylommatophores présentent plusieurs espèces dominantes : *Cochlicopa lubrica* (23 échantillons positifs) et *Trichia hispida* (20 échantillons positifs), *Vallonia costata*, *Trichia sericea* et *Vallonia pulchella* avec respectivement 16-16-15 échantillons positifs. Remarquons que les espèces dominantes ont été trouvées dans tous les biotopes étudiés tandis que celles des deux autres groupes se limitent à 4 biotopes.

En ce qui concerne l'importance relative des autres espèces, nous constatons que chez les Prosobranches et les Basommatophores la répartition des

TABLEAU V
Récapitulation

Espèces	N° biotope			III				IV		Répartition des espèces (+)		
				a	b	c	d					
	N° d'échantillons (+)	7	12	4	4	5	4	5		8	9	10
	N° des colonnes	1	2	3	4	5	6	7				
PROSOBRANCHIA												
1 - <i>Hydrobia jenkinsi</i> SMITH 1889		5	-	7	4	-	-	-	3	-	-	-
2 - <i>Valvata piscinalis</i> MÜLLER 1774		3	-	6	-	-	-	1	1	-	-	-
3 - <i>Hydrobia ulvae</i> PENNANT 1777		5	2	1	-	-	-	1	-	-	-	-
4 - <i>Bithynia tentaculata</i> LINNÉ 1758		4	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
5 - <i>Bithynia leschlii</i> SHEPPARD 1823		2	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-
6 - <i>Hydrobia stagnatis</i> BASTER 1765		2	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
7 - <i>Valvata cristata</i> MÜLLER 1774		1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
8 - <i>Assiminea grayana</i> FLIMING 1828		2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9 - <i>Littorina littorea</i> LINNÉ 1758		1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10 - <i>Valvata macrostoma</i> STEENBUCH 1847		-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
11 - <i>Buccinum undatum</i> LINNÉ 1758		1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BASOMMATOPHORA												
1 - <i>Limnaea peregra</i> MÜLLER 1774		3	1	11	5	-	-	-	1	-	5	2
2 - <i>Tropidiscus planorbis</i> LINNÉ 1758		4	-	8	1	-	-	-	1	-	-	-
3 - <i>Spiralinea vortex</i> LINNÉ 1758		5	-	5	1	-	-	1	-	-	-	-
4 - <i>Anisus rotundatus</i> POIRET 1801		1	-	7	2	-	-	-	-	-	-	-
5 - <i>Physa acuta</i> DRAPARNAUD 1805		-	-	5	1	-	-	-	-	-	3	1
6 - <i>Limnaea palustris</i> MÜLLER 1774		-	-	5	2	-	-	-	1	-	-	7
7 - <i>Armiger crista</i> LINNÉ 1758		-	-	5	1	-	-	-	-	-	2	1
8 - <i>Limnaea truncatula</i> MÜLLER 1774		-	-	4	2	-	-	1	-	-	1	-
9 - <i>Aplexa hypnorum</i> LINNÉ 1758		-	-	6	2	-	-	-	-	-	-	-

TABLEAU 5 (suite)

Espèces	N° biotope	I	II		III				IV		Répartition des espèces (++)				
	N° d'échantillons (+)	7	12	4	4	5	4	5							
	N° des colonnes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10				
10 - <i>Physa fontinalis</i> 1758 LINNE 1758		-	-	2	-	-	-	1	-	-	-	1	-	4	2
11 - <i>Bathomphalus contortus</i> LINNE 1758		2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	2
12 - <i>Limnaea auricularia</i> LINNE 1758		-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	1
13 - <i>denticulata</i> MONTAGU 1803		2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1
14 - <i>Limnaea glabra</i> MULLER 1774		-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1
15 - <i>Alexia myosotis</i> DRAPARNAUD 1801		2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
16 - <i>Tropidiscus carinatus</i> MULLER 1774		1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
17 - <i>Segmentina nitida</i> MULLER 1774		1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
18 - <i>Anisus laevis</i> Alder 1838		1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
19 - <i>Carychium minimum</i> MULLER 1774		-	-	2	-	1	-	1	-	1	-	-	-	6	5
20 - <i>Carychium tridentatum</i> Risso 1826		-	-	2	-	-	-	2	2	-	-	-	-	4	2
STYLOMMATOPHORA															
1 - <i>Cochlicopa lubrica</i> MULLER 1774		5	7	2	2	1	3	2	4	-	1	1	1	23	7
2 - <i>Fruticicola hispida</i> LINNE 1758		3	1	4	-	1	-	4	2	1	1	2	5	1	20
3 - <i>Vallonia costata</i> MULLER 1774		4	4	4	-	-	-	2	1	4	1	2	2	-	16
4 - <i>Fruticicola sericea</i> DRAPARNAUD 1801		3	-	4	-	-	-	1	-	4	-	2	-	2	16
5 - <i>Vallonia pulchella</i> MULLER 1774		4	-	2	1	4	2	1	-	1	-	2	1	1	15
6 - <i>Vitrina major</i> FERUSSAC 1807		2	-	3	-	1	-	3	-	3	1	-	-	-	13
7 - <i>Oxychilus draparnaldi</i> BECK 1837		4	2	2	2	2	-	1	-	1	-	-	-	-	12
8 - <i>Pupilla muscorum</i> LINNE 1758		5	1	1	-	2	-	2	-	-	-	-	-	-	10
9 - <i>Succinea oblonga</i> DRAPARNAUD 1801		-	-	1	-	-	4	1	-	1	-	2	-	-	9
10 - <i>Oxychilus altharicus</i> MILLER 1822		3	2	1	1	-	-	1	1	-	-	1	-	-	6
11 - <i>Succinea putris</i> LINNE 1758		-	-	4	1	1	1	-	-	-	-	-	1	1	6
12 - <i>Helicella virgata</i> DA COSTA 1798		1	2	-	-	-	-	1	1	1	-	-	7	-	6
13 - <i>Discus rotundatus</i> MULLER 1774		5	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6
14 - <i>Vertigo angustior</i> JEFFREYS 1830		-	-	-	2	1	2	2	1	1	-	-	-	-	5
15 - <i>Lauria cylindracea</i> DA COSTA 1798		3	-	-	-	-	-	2	2	-	-	-	-	-	5
16 - <i>Vertigo pygmaea</i> DRAPARNAUD 1801		-	-	2	-	1	1	1	-	-	-	-	1	-	4
17 - <i>Cerithioides acicula</i> MULLER 1774		2	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	4
18 - <i>Vitrina pellucida</i> MULLER 1774		-	-	1	-	-	-	2	-	1	-	-	-	-	4
19 - <i>Helicella profuga</i> SCHMIDT 1854		2	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	4
20 - <i>Oxychilus cellarius</i> MULLER 1774		-	-	2	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	4
21 - <i>Truncatellina cylindrica</i> FERUSSAC 1807		-	-	-	-	1	1	-	-	1	-	-	-	-	2
22 - <i>Punctum pygmaeum</i> DRAPARNAUD 1801		1	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	2
23 - <i>Balea perversa</i> LINNE 1758		-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	2
24 - <i>Euconulus fulvus</i> MULLER 1774		-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	2
25 - <i>Helix aspersa</i> MULLER 1774		1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	2
26 - <i>Cochlicella acuta</i> MULLER 1774		1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
27 - <i>Cepaea hortensis</i> MULLER 1774		-	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	2
28 - <i>Retinella nitidula</i> DRAPARNAUD 1805		-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	1
30 - <i>Succinea pfeifferi</i> ROSSMASSLER		-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
32 - <i>Succinea arenaria</i> BOUCH. CHAN 1837		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
33 - <i>Columella edantula</i> DRAPARNAUD 1805		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
35 - <i>Orcula dohiohii</i> BRUGUIERE 1792		-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1
36 - <i>Vitrea crystallina</i> MULLER 1774		-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
37 - <i>Retinella pura</i> ALDER 1830		-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1
38 - <i>Retinella hammonis</i> STROM 1765		-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
39 - <i>Helicella unifasciata</i> POIRET 1801		-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
40 - <i>Cochlicella ventricosa</i> DRAPARNAUD		-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1
41 - <i>Helix pomata</i> LINNE 1758		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
42 - <i>Zonitoides nitidus</i> MULLER 1774		1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
40 - <i>Helicella cespitum</i> DRAPARNAUD		1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Nombre d'espèces		39	8	40	15	17	7	29	10	24	4	11	3	17	6

espèces est limitée à un petit nombre de terrains comprenant 1 ou 2 biotopes. A ce sujet les Basommatophores sont plus répandus que les Prosobranches. Les Stylommatophores sont sensiblement mieux répartis que les espèces de deux autres groupes. Les chiffres du tableau V fournissent une idée précise de la représentation et de l'importance de chacune de 71 espèces trouvées dans le « Westhoek ».

RESUME

Une enquête a été effectuée en juin 1970 dans le « Westhoek » (région comprise entre la Mer du Nord et les Polders de l'Yser) sur la faune malacologique. Elle avait pour objectif lointain de définir les relations qui pourraient exister entre cette faune et celle trouvée dans les Polders des environs de Furnes.

Trente deux aires d'échantillonnage ont été choisies dans les biotopes les plus caractéristiques. Les échantillons ont été prélevés et traités selon les techniques mises au point au laboratoire pour l'étude précise des populations de *Lymnaea truncatula* MÜLLER.

De grandes quantités de mollusques vivants et de coquilles vides ont été récoltées par ces procédés. Elles ont permis d'établir des relevés malacologiques relatifs à quatre types de situations : bords du canal, fossés de drainage, anciennes dunes, habitats particuliers le long des routes et au pied des arbres. Les espèces trouvées au cours de cette enquête sont nombreuses : 71. Elles représentent la moitié du nombre d'espèces signalées dans le pays. Leur répartition entre les échantillons de diverses origines est discutée.

SUMMARY

An investigation on the malacological fauna was performed in June 1970 in the region of the Westhoek, which is located between the North Sea and the Yser - Polders. Its final purpose was to establish the relation between this fauna and the one discovered in the Polders of the surroundings of Furnes.

32 sampling areas were chosen in the most typical biotopes. The samples were taken and treated according to operating processes set up in the laboratory for definite studies on the populations of *Lymnaea truncatula* MÜLLER.

Large amounts of living molluscs and empty shells were collected by these processes. They allowed to establish malacological surveys about 4 types of sites : channels edge, drain - ditches, old dunes, and particular habitats along roads and at foot of trees. 71 different species were collected during this investigation. They represent the half of the number of mollusc species known in Belgium. Their distribution among the samples of the various origins is discussed.

BIBLIOGRAPHIE

- ADAM (W.), 1960. — Mollusques terrestres et dulcicoles. *Inst. Sci. nat. Belg.* Bruxelles.
- ANT (H.), 1963. — Faunistische, ökologische und tiergeographische Untersuchungen zur Verbreitung der Landschnecken in Nordwestdeutschland. *Abh. Landesmuseum f. Naturkunde Münster*, 25 (1).
- ANTEUNIS (A.), 1966. — Biosociologische studie van de Belgische zeeduinen, verband tussen de plantengroei en de molluskenfauna. *Verh. Kon. VI. Akad. Wet. België*, 54.
- EHRMANN (P.), 1933. — Mollusken (Weichtiere). *Die Tierwelt Mitteleuropas*. Verl. Von Quelle und Meyer in Leipzig.
- FROMMING (E.), 1954. — Biologie der mitteleuropäischen Landgastropoden. Duncker und Humblot - Berlin.
- FROMMING (E.), 1956. — Biologie der mitteleuropäischen Süßwasserschnecken. Duncker und Humblot - Berlin.
- GERMAIN (L.), 1930-1931. — Mollusques terrestres et fluviatiles. *Faune de France*, 21-22.
- PERRIER (R.), 1930. — Bryozoaires, Brachiopodes, Mollusques, Protocordés (Amphioxus, Tuniciers). *Faune de France*. 9. Delagrave - Paris.
- T'JONCK (G.) et MOORMANN (F.R.), 1962. — Carte des sols De Moeren 50 W. de la Belgique - Centre Cartographie des Sols I.R.S.I.A.
- VAN DEN BRUEL (W.E.), 1969. — Rapport d'activité 1968. Groupe de Travail pour l'Etude de la Lutte contre les Limnées. Gembloux.
- VAN DEN BRUEL (W.E.), 1970. — Rapport d'activité 1969. Groupe de Travail pour l'Etude de la Lutte contre les Limnées. Gembloux.

ANNEXE

N° BIOTOPE	N° AIRE D'ÉCHAN- TILLONNAGE	DESCRIPTION DES AIRES D'ÉCHANTILLONNAGE
I		Bords du canal Nieuport — Dunkerque
	1	Bords humides du canal Nieuport; plage sablonneuse soumise au régime des marées. Echantillon prélevé entre les rocaillies recouvertes d'algues. Exposition Sud-Ouest.
	2	Idem; échantillon prélevé entre les joints des briques sur la partie supérieure de la berge soumise aux marées (zone de remblai), dépôt d'algues. Exposition Nord-Est.
	3	Idem. Exposition Nord-Ouest.
	4	Idem; échantillon pris dans un dépôt d'algues marines au bord de l'eau, entre des pierres. Exposition Nord-Est.
	5	Berge du canal à Nieuport. Echantillon pris à la limite de la zone enherbée (hautes herbes) ne subissant plus l'effet des marées. Exposition Nord-Est. Mollusques récoltés sur les dépôts de sable entre les vieilles briques.
	6	Idem; zone enherbée du dessus de la berge; végétation courte. Exposition Nord-Est.
II	7	Berge du canal à Adinkerke. Echantillon pris à 1 m au-dessus du niveau d'eau, sur le mur d'un vieux pont. Les mollusques et le matériel ont été récoltés dans de petites touffes de graminées et des mousses poussant entre les joints des briques (photo n° 1).
		Fossés de drainage évacuant les eaux des cuvettes polderiennes
	8	Fossé traversant une zone marécageuse (Phragmitalia), en contact avec le « Ringsloot » (Polder de Moeren). a. échantillon prélevé dans la masse végétale du fossé. b. à proximité du fossé dans le fond tourbeux du marécage, en l'absence d'eau (photo n° 2).
	9	Le « Ringsloot » (fossé entourant le Polder De Moeren), à proximité de la route Adinkerke — Houtem. a. échantillon pris sur la berge (50 cm au-dessus du niveau d'eau) dans une haute végétation hygrophile sur sol tourbeux. b. sur fond tourbeux au bord de l'eau stagnante dans les roseaux bordant le fossé (photo n° 3).
	10	Fossé principal de drainage (« Langgeleed Vaart »). a. échantillon pris dans une haute végétation hygrophile du bord, au niveau d'eau stagnante. b. sur les bords dans la masse végétale des roseaux à 1 m du bord de l'eau.
	11	Le « Ringsloot » examiné près de la frontière. Echantillon prélevé sur le bord marécageux et tourbeux (sol noir) dans une végétation hygrophile près du niveau d'eau stagnante. Exposition Est.

N° BIOTOPE	N° AIRE D'ÉCHAN- TILLONNAGE	DESCRIPTION DES AIRES D'ÉCHANTILLONNAGE
III	12	Fossé d'une profondeur de 60 cm, le long d'une prairie à proximité du territoire de Bray — Dunes. a. échantillon pris à côté d'une haie d'aubépine (endroit ombré). b. le long de la prairie; très humide
	13-14	Fossé le long de la route Adinkerke — Dunkerque. Echantillon pris sur le fond tourbeux dans une roselière bordant le fossé.
	15	Fossé à Funes, eau stagnante (sec en été) dans un sol de cuvette le long du canal, dense végétation de hautes herbes (<i>Glyceria</i> sp.). Echantillon pris au bord de l'eau. Exposition Sud.
		Plaine ondulée des anciennes dunes
	a	<i>Zones herbacées.</i>
	16	Sol de dunes sec près de la route Adinkerke — Bray-Dunes, garni d'une courte et pauvre végétation herbacée. Le sol appartient à la série pédologique A ₀ de la carte (50 W. 1962) pédologique (photo n° 4).
	17	Sol de dunes à côté de la route Adinkerke — De Moeren. Echantillon prélevé sur une prairie le long d'un chemin de terre bordé de saules. Série pédologique C ₂ .
	18	Sol de dunes sec garni d'une haute végétation de framinées xérophiles (<i>Amnophila arenaria</i>). Série pédologique limite B ₁ C ₂ .
	19	Sol de dunes le long de la route Adinkerke — Bray-Dunes. Fossé sec garni d'une forte végétation d'orties. Terrain transformé en pâture. Série pédologique A ₁ .
	b	<i>Zones boisées (La Panne).</i>
	20	Sol de dunes sec, dans le bois à gauche de la route La Panne — Adinkerke. Echantillon prélevé en-dessous des feuilles mortes dans une légère dénivellation à 60 m à l'intérieur du bois.
	21	Idem; échantillon pris à 25 m dans le bois.
	22	Idem; en bordure du bois dans des canivaux remplis de feuilles mortes.
	23	Sol de dunes situé dans une dépression à l'entrée de La Panne. Echantillon pris dans les éclaircies d'un petit bois de bouleaux pourvu d'une végétation maigre.
		Plaine ondulée des anciennes dunes
	c	<i>Bords des routes.</i>
	24	Sol de dunes; échantillon pris au bord de la route Adinkerke — Bray-Dunes. Série pédologique B ₁ .
	25	La route La Panne — Adinkerke. Sol de dunes; échantillon pris au bord du bois, couche de terre de 3 cm recouvrant le béton, humide sous les feuilles mortes.

N° BIOTOPE	N° AIRE D'ÉCHAN- TILLONNAGE	DESCRIPTION DES AIRES D'ÉCHANTILLONNAGE
IV	26	Sol tourbeux en bordure de la route Adinkerke — Bulskamp. Echantillon pris à droite de la route à proximité du Spreyevaart, 250 m du pont, sol humide.
	27	Herbage d'un fossé dans De Moeren le long de la route Adinkerke — Houtem. Vestiges d'un petit pont en briques (photo n° 5). a. échantillon pris au-dessus de la berge. b. sur les briques du vieux pont en ruines.
	d	<i>Microhabitats particuliers.</i>
	28	La route Adinkerke — De Moeren, petit chemin à droite. Echantillon prélevé à l'intérieur d'un tronc de saule pourri. Accumulation de terre et de sable.
	29	Echantillon pris avec le n° 16, mais sous les branches mortes d'un arbre abattu (photo n° 6).
	30	La route La Panne — Adinkerke. Echantillon prélevé au pied d'un chêne, à 6 m à l'intérieur du bois sous la couche de feuilles mortes.
	31	Echantillon prélevé sur les branches mortes d'un arbre abattu, 60 m à l'intérieur du bois, route La Panne — Adinkerke. Le matériel a été récolté dans les moisissures sous l'écorce.
		Etang
	32	Etang d'environ deux hectares situé à Adinkerke entre le canal et le Ringsloot. a. berge enherbée à 1 m de l'eau. b. au bord de l'eau. Hautes herbes. Exposition Sud. c. Idem. d. échantillon prélevé au bord de l'eau, végétation: hautes herbes, petits bois, sol sablonneux. Exposition Sud. e. échantillon pris dans l'eau, végétation submergée. Exposition Sud-Ouest.



PHOTO 1. — Berge du canal à Adinkerke. De petites touffes de graminées et des mousses poussent entre les joints des briques



PHOTO 2 — Fossé traversant une zone marécageuse à côté de la route Adinkerke - Dunkerque.



PHOTO 3 — Fossé entourant le Polder « De Moeren » (Ringsloot), la route Adinkerke - Houtem



PHOTO 4. — Sol dunal sec garni d'une courte et pauvre végétation herbagère. La route Bray-Dunes - Adinkerke



PHOTO 5. — Fossé le long de la route Adinkerke - Houtem

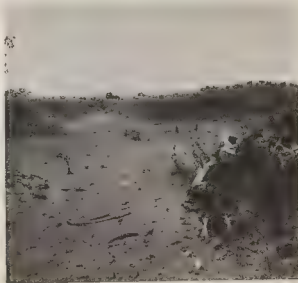


PHOTO 6. — Ancienne dune. La route Adinkerke - Bray-Dunes.

RÉSUMÉS DE THÈSES

M. BECKER. — *Étude des relations sol-végétation, en conditions d'hydromorphie, dans une forêt de la plaine lorraine*. Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Nancy 1, 9 décembre 1971 (adresse : C.N.R.F., 14, rue Girardet, 54 - Nancy).

Le but essentiel de ce mémoire est l'étude des relations sol-végétation en milieu hydromorphe. Contrairement à la plupart des travaux similaires, qui sont des études *statiques*, l'auteur s'est particulièrement attaché à l'aspect *dynamique* de la question, c'est-à-dire à l'évolution conjointe du sol et de la végétation sous l'influence de la dégradation d'origine humaine. Les applications à la sylviculture des principaux résultats sont évoqués.

Au cours de l'inventaire phyto-écologique préalable de la forêt servant de support à l'étude (AUSSENAC, BECKER, 1968), avait été mise en évidence la médiocrité de la corrélation existant entre la nature de la végétation et la profondeur d'apparition de l'horizon Bg, qui était censé traduire le degré d'hydromorphie des sols. Le caractère réellement « fonctionnel » de bon nombre des horizons Bg observés avait alors été mis en doute.

Les études stationnelles qui suivirent ont été menées dans cinq types de peuplements diversement dégradés, et caractérisés par les cinq espèces herbacées qui marquent le plus le sous-bois : *Molinia caerulea*, *Carex brizoides*, *Deschampsia coespitosa*, *Luzula albida*, *Poa chaixii*.

Le pédoclimat des sols correspondants a été particulièrement étudié : nappes perchées et pF. Les résultats obtenus montrent que malgré l'uniformité de profondeur et d'apparence de l'horizon Bg (— 30 cm environ), les divers sols sont effectivement soumis à des régimes hydriques fort différents. De plus, les sols les plus engorgés en hiver demeurent les plus humides pendant les phases de sécheresse.

L'étude systématique des facteurs écologiques pouvant induire ces différences a révélé que l'état de dégradation du peuplement ligneux était le respon-

sable premier (par diminution du taux d'interception et de l'évapotranspiration); secondairement, le tassement diminue la macroporosité et accentue le phénomène. Le drainage, par contre, est pratiquement le même partout.

Un examen attentif des profils a montré que si les horizons profonds sont très comparables d'un type à l'autre (horizons glossiques ou fragipans, dont une étude micromorphologique a démontré le caractère *relictuel*), les horizons superficiels, par contre, ont été soumis à des pédogénèses *actuelles* différentes. Le type d'humus, la structure, la couleur de l'horizon A_{2g} (ou A_{2(g)}), l'indice d'entraînement du fer, sont les critères les plus intéressants à considérer. L'appellation globale de sol lessivé à pseudogley, utilisée jusque là, a été remplacée, selon les cas, par celles de *sol brun acide sur fragipan*, de *pseudogley méso-trophe sur fragipan* et de *pseudogley podzologique sur fragipan*.

Sur la base des résultats de l'étude statique, l'aspect *dynamique* de la question a pu être reconstitué, à savoir les processus de dégradation de la forêt et des sols, et les mécanismes mis en œuvre. La possibilité d'évolution inverse, de *regradation*, a été évoquée.

Un dispositif de culture en milieu semi-contrôlé a été conçu pour vérifier expérimentalement les conclusions que les observations de terrain ont permis de formuler à propos de l'antécologie des 5 espèces herbacées prises comme référence pour le choix des placettes d'étude. Au cours de cette phase expérimentale, ont également été pris en compte les facteurs « lumière » et « pouvoir compétitif interspécifique ».

Un certain nombre de mesures et d'observations plus strictement sylvicoles ont également été effectuées. Elles ont permis de classer les divers types de stations en fonction de la qualité technologique des bois (critère de densité) et de la productivité en volume. Elles ont de plus démontré les performances très supérieures du Hêtre par rapport au Chêne, dans toutes les stations où il est présent.

Des mesures pratiques sont préconisées en vue de l'amélioration du massif.

Renée RUSSIER-DELMORE. — *La Planaire américaine Dugesia tigrina dans la région lyonnaise : essai d'explication écophysiologique de son implantation.* Thèse de spécialité. 7 juillet 1971. Université de Lyon - Claude Bernard.

La présence de *Dugesia tigrina*, Planaire d'eau douce importée d'Amérique, est signalée dans 6 stations de la région lyonnaise. Les animaux récoltés sont tous asexués, mais ils appartiennent à 2 types si l'on considère leur pigmentation dorsale.

L'espèce est bien représentée dans 4 stations, et en particulier dans l'une d'entre elles où apparaît une zonation très nette entre *D. tigrina* et 2 Planaires indigènes : *Polycelis nigra* et *Polycelis felina*. La mesure des températures par détermination de la vitesse d'inversion du saccharose montre que notre Planaire occupa la zone la plus eurytherme.

L'étude des facteurs chimiques est abordée dans 4 stations. Il semble que ceux-ci n'influencent pas la répartition de *D. tigrina*. Cette dernière est présente dans des stations d'eaux pures ou d'eaux polluées.

La durée de survie aux températures élevées et constantes est déterminée pour des animaux récoltés dans le même milieu en hiver et en été. Elle est plus courte chez les premiers. Dans tous les cas, cette durée de survie est supérieure à celle des espèces indigènes, confirmant ainsi le parallélisme qui existe entre tolérance thermique et distribution de ces animaux dans la nature.

La capacité productrice est mesurée à différents niveaux de température. Elle est exprimée par le taux intrinsèque d'accroissement naturel qui dépend du taux de fragmentation et de la durée d'une génération. Ce coefficient permet d'évaluer le rendement de *D. tigrina* dans la transformation des ressources alimentaires en descendants, et de le comparer à celui des autres Planaires. *D. tigrina* surpasse ces dernières à partir de 20 °C. La reproduction, inhibée par le froid jusqu'à une température légèrement supérieure à 10 °C, commence dès que ce seuil est dépassé et cesse au-dessus de 25 °C.

A chaque température, les individus ont tendance à atteindre une taille d'équilibre. Une relation est mise en évidence entre cette dernière et l'intensité de la reproduction. Au-dessous de la taille d'équilibre les animaux présentent une phase de croissance, au-dessus la multiplication commence éventuellement. Ce phénomène est confirmé à des températures qui varient en suivant le cycle extérieur. Dans ce cas, la fragmentation est saisonnière et présente un maximum en juin.

Une méthode de détermination du seuil léthal

d'oxygène dissous est mise au point. Il s'agit d'une méthode à taux d'oxygène variable. Le taux léthal, défini comme celui qui entraîne 50 % de mortalité, est mesuré pour *D. tigrina* et *P. felina*. Il est voisin de 0,30 mg/l. Ces 2 espèces montrent une très grande tolérance vis-à-vis du facteur oxygène dissous et se comportent, en outre, en ajusteurs : elles réduisent leur métabolisme respiratoire aux basses tensions. Quand les conditions sont défavorables, *D. tigrina* survit plus longtemps et se montre mieux adaptée que *P. felina*.

La température semble intervenir indirectement, par l'intermédiaire de la multiplication asexuée, pour fixer les limites de répartition de *D. tigrina*. Le trait dominant de cette Planaire est sa thermophilie qui lui assigne une niche écologique à température estivale élevée. Supportant, mieux que les espèces indigènes, les faibles teneurs en oxygène, elle est susceptible de s'implanter dans des eaux stagnantes à concentration d'oxygène variable.

B. SERRA-TOSIO. — *Ecologie des Diamesini d'Europe (Diptères Chironomidés)* (1). Laboratoire de Zoologie, Domaine Universitaire, 38 - Saint-Martin-d'Hères.

A l'état préimaginal, les Diptères Chironomides représentent, on le sait, une part importante de la biomasse totale dans la plupart des eaux continentales. Ces insectes sont abondants en nombre d'individus et en nombre d'espèces, non seulement dans les régions de basse altitude, mais aussi en montagne. Ils ont malheureusement été peu étudiés du point de vue taxonomique, au moins dans notre pays, ce qui a forcément limité la portée des études écologiques qui leur ont été consacrées jusqu'ici.

Les Chironomides de la sous-famille des *Diamesinae* sont caractéristiques des régions montagneuses de la zone holarctique. Ils colonisent pour la plupart, à l'état préimaginal, les eaux courantes de moyenne et de haute altitudes. Comme l'avaient déjà noté quelques auteurs, ce sont les premières formes de vie animale aquatique qui apparaissent dans les torrents glaciaires. Dans leur grande majorité, les larves des *Diamesinae* sont des consommateurs primaires qui broutent la couverture biologique; mais chez quelques espèces, les

(1) Cet article est un condensé de la partie écologique d'une thèse de doctorat d'Etat soutenue à l'Université de Grenoble I le 21 septembre 1971 et intitulée « Contribution à l'étude taxonomique, phylogénétique, biogéographique et écologique des *Diamesini* (Diptera, Chironomidae) d'Europe » (numéro d'enregistrement au C.N.R.S. : A.O. 5990).

Jarves sont carnassières et se comportent donc en consommateurs secondaires.

Les larves et les nymphes des *Diamesinae* sont souvent prodigieusement abondantes dans les cours d'eau de moyenne montagne. Elles constituent alors, à certaines périodes de l'année, une part prépondérante de la nourriture de la truite.

Les *Diamesini* forment une tribu à position phylogénétique moyenne au sein de la sous-famille des *Diamesinae*. En Europe, ils comprennent 8 genres et 51 espèces connues (dont 41 ont été plus spécialement étudiées dans le travail en partie résumé ici). Le genre *Diamesa* est le plus riche en espèces et en individus.

Les caractères écologiques connus dans chaque espèce européenne de *Diamesini* ont été précisés dans le travail cité précédemment. Dans cet article, je donnerai seulement un aperçu de l'action des différents biotopes du milieu sur l'abondance de leurs larves.

I. — BIOTOPES DES DIAMESINI DANS LE SUD-EST DE LA FRANCE.

On trouve les larves des *Diamesini* dans toutes les zones des cours d'eau, depuis les sources jusqu'à la partie inférieure de la zone dite « à Salmonides », ou, pour reprendre la terminologie d'ILLIES et BOTOSANEANU, dans le Crénon et le Rhithron. On peut donc qualifier ces animaux de sténothermes d'eau froide. Quelques rares *Diamesini* cependant, notamment certaines espèces du genre *Poithastia*, se sont adaptés au cours de l'évolution à une vie en eau plus chaude : de caractère nettement plus eurytherme, ils se rencontrent dans les rivières de la zone à Barbeau commun (Epipotamon).

1. Les torrents glaciaires.

Ils représentent un type d'eau courante un peu spécial qui ne peut pas prendre aisément place dans la classification d'ILLIES et BOTOSANEANU. Ils se continuent par la zone supérieure à Truite (Epirhithron) et se substituent, en haute montagne, à l'Eucrénon et à l'Hypocrénon.

On trouve dans les torrents glaciaires d'assez nombreuses espèces de *Diamesini*, mais ce sont surtout *Diamesa goetghebueri* et *D. berrami* qui y dominent. On y rencontre aussi en moins grande abondance *D. aberrata*, *D. zirnnyi*, *D. vaillanti*, *Pseudokiefferiella parva* ainsi que toutes les espèces de *Diamesa* du groupe *laticauda*, *D. laticauda*, *D. lindrothi*, *D. wuelkeri* et *D. modesta*). Certains auteurs considèrent aussi *Diamesa steinboeckii* comme caractéristique de ce milieu. Dans

les torrents glaciaires de Norvège, *D. goetghebueri* est remplacé par *D. valkanovi* et *D. steinboeckii* par *D. davisi*.

Le milieu représenté par les torrents glaciaires est particulièrement rude (basses températures, fort courant, transport solide abondant). Les larves des *Diamesini* échappent en partie à son action en se réfugiant dans les fentes des pierres et en tissant au-dessus d'elles une sorte de filet de protection. Les nymphes sont protégées par des fourreaux de soie incrustés de particules de limon et percés de petits orifices. Peu avant l'éclosion imaginale, la nymphe mature quitte son fourreau et après un transport passif plus ou moins long, sort activement du milieu liquide au niveau de la zone de ressac. L'éclosion imaginale se fait sur les pierres émergées, après un parcours à l'air libre qui peut atteindre plus de 10 cm. Sortir du milieu liquide est donc, pour une *Diamesa* de torrent glaciaire, un véritable exploit, rendu possible grâce aux adaptations morphologiques de sa nymphe (soies terminales en crochets, épines et spinules tégumentaires nombreuses) et par son comportement (reptation en milieu aérien).

2. Le Crénon (Eucrénon et Hypocrénon) (zone des sources).

Dans les divers types de sources rencontrés dans les Alpes, le peuplement en *Diamesini* est assez homogène. On peut cependant en distinguer deux catégories qui diffèrent par leurs caractères thermiques annuels.

a) *Sources froides de haute montagne* : elles proviennent souvent de petits glaciers plus ou moins masqués. Les températures sont inférieures à 4 °C toute l'année. Les deux *Diamesini* caractéristiques de ce biotope sont *Diamesa steinboeckii* et *D. lindrothi*. Leurs populations, pas toujours abondantes, peuvent être dominées dans ce même milieu, par des espèces plus banales : *D. berrami*, *D. aberrata* et surtout *D. zernyi* et *D. vaillanti*. On y rencontre aussi en faible nombre *Pseudokiefferiella parva* et *Diamesa wuelkeri*.

Le milieu des sources froides de haute montagne est donc intermédiaire, en ce qui concerne le peuplement en *Diamesini*, entre le torrent glaciaire et le torrent de montagne typique.

b) *Sources plus eurythermes de haute et de moyenne montagne* : les températures de leurs eaux, généralement situées autour de 4 à 6 °C, peuvent atteindre toutefois jusqu'à 10 °C.

L'espèce de *Diamesini* caractéristique de ce milieu (indicateur de zonation) est *Diamesa incallida*, absente

des autres zones. Mais cette espèce, comme précédemment *D. steinboeckii* et *D. lindrothi*, est généralement dominée par un certain nombre d'autres *Diamesa*.

Comme autre élément caractéristique de ces sources, on peut citer *Pseudokiefferiella parva* (qu'on retrouve accessoirement dans les torrents glaciaires, les sources froides et même l'Epirhithron), *Pseudodiamesa branickii* (présente également dans l'Epirhithron) et surtout *Diamesa aberrata*, trouvée aussi dans les torrents glaciaires et dans l'Epirhithron, mais dont le Crénon est la zone préférentielle. On peut ajouter à cette liste *Pseudodiamesa nivosa*, peu abondante et peu fréquente, et les espèces de *Diamesa* suivantes : *D. modesta*, *D. wuelkeri*, *D. laticauda*, *D. latitarsis*, *D. insignipes*, *D. zernyi*, *D. vaillanti*, *D. thienemanni*, *D. cinerella*.

Dans la Forêt-Noire, l'espèce médio-européenne *D. zernyi* est accompagnée dans les sources par l'espèce voisine *D. bohemani*, à répartition plus boréale.

Enfin, il faut mentionner à part deux espèces dont les biotopes se rattachent plus ou moins étroitement à celui des sources : ce sont *Parapotthastia edwardsi* et *Diamesa dampfi*, qui vivent dans les touffes de mousses émergées, donc en milieu hygropétrique (bryomadicole). *Parapotthastia hygropetrica*, non trouvée dans les Alpes mais présente dans les Pyrénées, a probablement le même habitat.

3. Le Rhithron (zone à Salmonides).

a) L'Epirhithron (zone supérieure à Truite).

C'est la zone qui renferme certainement les plus grandes biomasses en *Diamesini*, bien que le nombre total d'espèces y soit plus faible que dans le Crénon. Les espèces dominantes y sont *Diamesa zernyi* et *D. thienemanni*, accompagnées de *D. vaillanti*, de *D. cinerella* et de *D. bertrami*. Le couple *thienemanni-cinerella* est caractéristique des cours d'eau à Hydrures. Dans les cours d'eau pauvres en Hydrures, c'est généralement le couple *zernyi-vaillanti* qui prédomine.

On peut rencontrer aussi dans l'Epirhithron des espèces moins abondantes que dans le Crénon et dont c'est ici la limite zonale inférieure : *Diamesa aberrata*, *Pseudokiefferiella parva*, *Pseudodiamesa branickii* et peut-être aussi *Diamesa latitarsis*. On y trouve parfois *Diamesa permacer*, *D. modesta*, *D. insignipes* et *Sympotthastia zavrelli*.

Dans l'Epirhithron des cours d'eau du Massif Central, il faut ajouter, à certaines des espèces précédentes, *Diamesa hamaticornis*, espèce jusqu'ici non signalée des Alpes françaises.

b) Le Métarhithron (zone inférieure à Truite).

Le nombre d'espèces de *Diamesini* rencontrés y est plus faible que dans l'Epirhithron, le Crénon et les torrents glaciaires. On y retrouve *D. bertrami*, *D. zernyi* et *D. thienemanni*, accompagnées de *D. cinerella*, de *D. insignipes*, de *D. vaillanti* et de *Sympotthastia zavrelli*.

c) L'Hyporhithron (zone à Ombre).

Dans la plus grande partie de la région étudiée, l'Ombre est remplacé, comme poisson caractéristique de l'Hyporhithron, par la Suiffe et par le Barbeau méridional.

Le nombre d'espèces de *Diamesini* présentes dans l'Hyporhithron est faible, mais cependant supérieur à celui des espèces présentes dans le Métarhithron. Cela s'explique par le fait qu'aux différentes espèces de *Diamesa* (*D. bertrami*, *D. zernyi*, *D. thienemanni*, *D. cinerella*, *D. insignipes*) qui s'y rencontrent et dont c'est la limite zonale inférieure, s'ajoutent d'autres représentants des *Diamesini* appartenant aux genres *Potthastia* et *Sympotthastia*, dont c'est la zone d'occupation normale. Mais si les *Sympotthastia*, en particulier *S. spinifera*, se montrent relativement abondantes dans l'Hyporhithron (au moins dans le Massif Central), il n'en est pas de même des différentes espèces de *Diamesa* qui ne se manifestent toujours que par des individus isolés.

4. L'Epipotamon (zone à Barbeau commun).

On n'y trouve guère, comme *Diamesini*, que l'espèce eurytherme *Potthastia longimanus*.

Sur la bordure orientale du Massif Central, et sur la rive droite du Rhône, on remarque une zone qui fait suite à la zone de la Suiffe et du Barbeau méridional (c'est-à-dire à l'Hyporhithron) et qui présente un certain nombre de caractères communs avec l'Epipotamon. On y rencontre en particulier le Barbeau commun. Elle correspond peut-être à la « zone du Hotu » distinguée dans les eaux de Roumanie. A la limite de cette zone et de l'Hyporhithron, on peut récolter en grande abondance des *Sympotthastia* (*S. spinifera*, *S. macrocera*) et des *Potthastia* (*P. ? gaedii*).

En résumé, le genre *Diamesa* pris dans son ensemble peut être considéré comme caractéristique (indicateur de zonation) des torrents glaciaires, du Crénon et du Rhithron. Certaines espèces de *Diamesini* sont des crénobies (indicateurs de zonation du Crénon), d'autres des crénophiles plus abondants dans les sources, mais pouvant peupler d'autres zones (torrents glaciaires, Epirhithron). Un ensemble d'espèces atteint dans le Rhithron (et surtout dans l'Epirhithron) son maximum d'abondance : il s'agit surtout des *Diamesa* des groupes

zernyi et *cinerella*. Enfin les *Sympotthastia* et surtout les *Potthastia*, nettement plus eurythermes, n'apparaissent en général en nombre qu'à partir de l'Hyporhithron.

II. — PLACES DES *Diamesini* DANS LES DIFFÉRENTES SYNUSIES

1. *Synusie des pierres* : on y trouve toutes les espèces des torrents glaciaires ainsi que la majorité des espèces du Crénon et du Rhithron.

2. *Synusie des Hydrures* : l'élément caractéristique est *Diamesa thienemanni* et surtout *D. cinerella*. On rencontre aussi ces deux espèces dans d'autres synusies, mais elles sont alors dominées par d'autres *Diamesa*.

3. *Synusie des mousses immergées* : surtout caractéristique du Crénon de certain cours d'eau riches en gaz carbonique dissous. Les mousses immergées abritent surtout *Pseudokiefferiella parva*, accompagnée de *Pseudodiamesa branickii* et plus rarement de *Ps. nivosa*.

4. *Synusie des mousses émergées* : ce milieu hypopétrique particulier (bryomadicole) n'abrite que quelques espèces, mais elles sont caractéristiques : *Diamesa dampfi*, *D. permacer* et *Parapotthastia edwardsi*. Elles sont accompagnées d'autres espèces rencontrées dans les synusies précédentes.

5. *Synusie des sédiments fins* : on y rencontre un certain nombre d'espèces de *Diamesini*, mais aucune n'est vraiment caractéristique.

Les Chironomides *Diamesini* ne sont donc pas inféodés à un substrat particulier, à l'exception de quelques rares espèces à mode de vie bryomadicole. La plupart des espèces font certes partie de la synusie des pierres, mais elles se retrouvent aussi, pour une même zone de cours d'eau, dans les autres synusies.

III. — INFLUENCE DU CHIMISME DES EAUX SUR L'ABONDANCE DES LARVES

L'influence du chimisme des eaux courantes sur l'abondance des larves de Chironomides torrenticoles (y compris les *Diamesini*) a été recherchée dans les zones du Crénon et du Rhithron. Différentes observations ont amené aux conclusions suivantes.

— Les différents facteurs qui influencent les densités de populations des *Diamesini* (comme celles de la plupart des autres Chironomides torrenticoles et des consommateurs primaires en général) dans les eaux courantes de montagne peuvent rarement être isolés de

façon satisfaisante. Leurs influences s'interpénètrent obligatoirement. Ils donnent à chaque cours d'eau sa physionomie de peuplement propre.

— Cependant, l'étude des caractères du milieu de nombreux cours d'eau choisis dans des régions de montagne géologiquement très différentes montre que les densités de population des *Diamesini* (comme celles des autres Chironomides torrenticoles) sont en rapport étroit pas tant avec des facteurs comme la vitesse du courant, ou la température, ou la plus ou moins grande minéralisation des eaux, qu'avec les teneurs en ions « nourriciers » (nitrates, phosphates et silice). Ces ions conditionnent en effet le développement des organismes producteurs, c'est-à-dire de la plus grande partie des couvertures biologiques dont se nourrissent les consommateurs primaires que sont la plupart des Chironomides. De même, le nombre des Chironomides influe sur l'abondance des nombreux consommateurs secondaires qui les capturent.

— L'origine des ions « nourriciers » doit être recherchée dans les composés atmosphériques présents dans la pluie et dans la neige (nitrates), ou dans des composés provenant de l'érosion continentale (nitrates, phosphates, silice), mais surtout dans les composés provenant de la décomposition des substances organiques animales (nitrates, phosphates). De plus, une part importante de la silice, solubilisée à partir des particules du sol, passe dans l'eau d'imbibition des prairies et se déverse peu à peu dans les rivières. Les constatations précédentes résultent du fait que les cours d'eau drainant les pâturages de montagne sont généralement plus riches en ions « nourriciers » et ont un peuplement en Chironomides (et en particulier en *Diamesini*) plus dense que ceux qui coulent en forêt ou qui traversent des gorges encaissées. Parfois aussi, l'habitat humain peut entraîner, même en montagne, une pollution qui, si elle est légère, est bénéfique pour le cours d'eau qu'elle fertilise.

— Dans les cours d'eau à *Diamesini*, les nitrates et la silice sont toujours présents en plus grande quantité que les phosphates. Leurs teneurs, plus faciles à déterminer par l'analyse chimique, peuvent donc servir dans la pratique pour juger de la richesse d'une eau. On les prendra en considération chaque fois qu'on aura à évaluer la capacité biogénique d'un cours d'eau, d'une rivière à truites par exemple.

— L'étude plus particulière d'une rivière du massif du Vercors, le Furon, a montré que l'importance de la productivité primaire, dont dépend la productivité secondaire en Chironomides *Diamesinae* et *Orthocladinae*, se traduisait par des fluctuations nycthérmiques rythmiques dans les teneurs en substances minérales dissoutes. A certaines heures, ces fluctuations sont accompagnées

d'un drift végétal abondant. L'étude de telle fluctuations fait apparaître avec netteté la notion de seuil de certains facteurs chimiques, atteint lorsque les plus basses teneurs journalières des facteurs concernés deviennent nulles (épuisement de l'ion considéré par les végétaux de la couverture biologique).

Le long de ce cours d'eau de montagne, les affluents jouent un rôle primordial dans le développement des couvertures biologiques et dans les plus ou moins grandes densités de populations des animaux qui s'en nourrissent. Ils peuvent modifier certains facteurs tels que température et débit. Mais surtout ils influent, parfois profondément, sur les teneurs en substances dissoutes, en particulier sur celles des ions « nourriciers », avec toutes les conséquences que cela peut avoir sur l'abondance de la flore et de la faune aquatiques.

Pour terminer, il faut préciser que le travail d'ouï sont extraites les données ci-dessus comporte aussi des chapitres consacrés à la taxonomie, à la phylogénie et à la biogéographie des Chironomides *Diametini* d'Europe. On y trouve également un certain nombre de renseignements concernant la biologie de ces insectes : alimentation et comportement des larves, résistance à l'assèchement des biotopes, construction du cocon nymphal, éclosion imaginaire, essais, accouplement, cycle de colonisation, ponte, cycle de vie, prédateurs, parasites.

J. GILBERT. — Analyse électrophorétique des protéines de *Niphargus* (Crustacé Amphipode hypogé) en fonction de facteurs physiologiques, écologiques et systématiques. Thèse de 3^e cycle, soutenue le 26 septembre 1971 à Lyon (MM. GINET, ROUX, CECCALDI).

A l'aide de techniques sensibles, comme l'électrophorèse sur gel de polyacrylamide, l'étude des protéines de l'hémolymphe de *Niphargus* a été entreprise avec, comme objectif principal, la différenciation biochimique des espèces. Mais un tel travail ne peut être mené à bien qu'après certaines études préliminaires sur les variabilités biologiques, et également écologiques, des individus d'une population.

La première partie porte sur l'étude des protéines en fonction de facteurs physiologiques. *N. virei*, en vertu de son état troglobie, possède une physiologie bien particulière et encore mal connue.

L'intermue de l'adulte est très faible, et beaucoup plus longue que celle des Amphipodes épigés : l'intermue de *N. virei* dure 180 à 300 ou même 400 jours, celle de *Gammarus pulex* (épigé) dure 20 à 30 jours et celle d'*Orchestia gammarella* (marin), 23 à 24 jours.

Chez *N. virei*, on ne peut mettre en parallèle un type d'électrophorégramme avec un stade bien déterminé du

cycle, et les quantités protéiques ne sont pas significativement différentes, contrairement à ce qui existe chez la plupart des Crustacés Décapodes, qui ont été bien étudiés à cet égard.

La durée de l'ovogenèse de *Niphargus* est également beaucoup plus longue que celle des genres épigés voisins; la particularité en est le « repos génital » (GINET, 1960), non synchronisé avec les saisons. Pendant ce temps, le milieu intérieur des femelles se caractérise par un électrophorégramme identique ou peu différent de celui des mâles; mais au cours de la vitellogenèse, certaines protéines sont plus particulièrement impliquées (lipovitellines, de faible mobilité électrophorétique).

Il n'a pas été matériellement possible de prélever du sang à de jeunes individus à l'étape infantile. Mais que les électrophorèses aient porté sur des individus à la fin du stade juvénile, ou pendant les stades adulte et sénile, il n'a pas été trouvé de différences qualitatives significatives, ni décelé l'existence de protéines caractéristiques d'un âge.

La deuxième partie porte sur l'étude des protéines en fonction de facteurs écologiques. Dans la principale station de prélèvement (tunnel de drainage de Drom, Ain) on trouve 3 biotopes assez différents : à l'entrée, une petite cuvette contenant des populations de jeunes et d'adultes qui vivent dans un milieu plus ou moins putride; puis les dépôts d'argiles sur lesquels les individus sont très nombreux; enfin des gours. Il n'y a pas de différences protéiques significatives chez des individus pris dans tel ou tel biotope.

Ces Amphipodes troglobies sont polyphages. Une expérience de 8 mois, pendant laquelle des types variés de nourriture leur ont été distribués (feuilles, carottes, avoine, argile, viande), a montré que les individus placés sur argile seule avaient une concentration protéique aussi élevée que ceux nourris avec de la viande; ceci corrobore l'idée qu'ils utilisent le limon argileux comme source alimentaire métabolique, et pas seulement vitaminique (GINET, 1960; GOUNOT, 1967; PELLENARD, en préparation).

Le schéma électrophorétique est qualitativement semblable, que les animaux soient nourris avec différents aliments, ou qu'ils soient au jeûne. Dans le domaine originel et particulièrement dans la principale station de prélèvement, le jeûne se reproduit naturellement chaque année; en effet, après les crues de la fin de l'hiver, certains individus restent isolés dans des gours ou dans des espaces confinés, dont l'eau sera renouvelée seulement aux prochaines crues d'automne. Or, cet isolement saisonnier ne leur cause aucun préjudice en ce qui concerne leur teneur en protéines. Ces Amphipodes sont donc bien adaptés à leur milieu karstique, milieu qui se

caractérise par un ravitaillement alimentaire très discontinu, en fonction des pluies.

La coloration du corps des individus est différente selon les stations. *N. virei*, espèce troglobie, a une coloration le plus souvent orangé; mais les populations le sont plus ou moins fortement selon les endroits de récolte. Sur 4 stations du département de l'Ain et une de l'Ardèche, une seule possède des individus presque complètement blancs. Il existe alors une corrélation entre la coloration du corps, et l'apparition d'un pigment sur le gel d'électrophorèse. Il en est de même pour l'espèce *N. longicaudatus*. Les variations de coloration sont certainement liées aux conditions physico-chimiques des divers biotopes.

La troisième partie porte sur l'étude des protéines en fonction de facteurs systématiques. Cette étude se résume par les points suivants :

— chaque électrophorégramme est caractéristique d'une espèce très précise (*virei*, *longicaudatus*), et non d'une population donnée.

— *N. virei* est une espèce très homogène du point de vue biochimique.

— Il existe un rapprochement certain des électrophorégrammes entre divers *N. longicaudatus* pyrénéens. Ces derniers présentent quelques différences avec ceux de l'Ain.

— Les électrophorégrammes de *Gammarus pulex* et *G. fossarum* confirment la proche parenté de ces Amphipodes épiégés.

ACTIVITÉS DE LA SOCIÉTÉ

Compte rendu du symposium international « La Radioécologie appliquée à la Protection de l'Homme et de son Environnement »

La Direction de la Protection Sanitaire de la Direction Générale des Affaires Sociales a organisé du 7 au 10 septembre 1971, à Rome, en collaboration avec le Comitato Nazionale per l'Energia Nucleare, un Symposium sur « La radioécologie appliquée à la protection de l'homme et de son environnement ».

Ce Symposium avait pour but d'examiner de quelle façon les études et les données récentes de la radioécologie sont utilisables pour les besoins de la protection de l'homme et de son environnement, en vue notamment d'augmenter l'efficacité et d'améliorer l'organisation de la radioprotection et de la surveillance autour des installations nucléaires.

Le Symposium devait étudier également de quelle manière les principes et les méthodes de la radioécologie peuvent être appliqués à la lutte contre des nuisances non radioactives.

Dans son discours inaugural, Monsieur le Ministre COPPE a mis l'accent sur l'importance des problèmes de sécurité et de protection sanitaire que continueront à poser les installations nucléaires.

Il est reconnu que parmi les activités industrielles, l'énergie nucléaire occupe une place privilégiée en raison de son haut degré de sécurité. De plus elle reste celle qui pollue le moins le milieu ambiant dans les conditions normales de fonctionnement.

Par suite de l'augmentation continue de la demande en énergie électrique il faudra recourir davantage au « nucléaire » et on peut prévoir que d'ici 1985 une centaine de centrales atomiques de puissance seront installées dans les Six Pays de la Communauté. Ce développement met à l'ordre du jour les problèmes de protection radiologique du milieu et de choix des sites d'implantation industrielle.

Dans ces domaines, la radioécologie est appelée à jouer un rôle déterminant dans la recherche des solutions les plus favorables.

Au cours des quatre journées du Symposium, environ 350 participants de quelques 25 pays européens et non européens ainsi que d'une dizaine d'organisations internationales ont assisté à des conférences présentées par plus de 50 spécialistes de plusieurs disciplines, aux discussions qui les ont suivies, ainsi qu'aux débats d'une Table Ronde consacrée à la radioécologie au service de la protection de l'homme et du milieu.

La participation française avec quinze communications se situera au premier rang par son importance. Dix de ces communications émanant de la Section de Radioécologie du C.E.A. furent présentées par des membres de notre Société d'Ecologie.

La séance de clôture a permis au Dr. RECHT, Directeur de la Protection Sanitaire, et Président du Congrès, de tirer quelques conclusions qui offrent des perspectives nouvelles à la radioécologie.

L'expansion de l'utilisation de l'énergie nucléaire entraîne un accroissement des risques potentiels pour l'homme et son environnement. En conséquence, la radioécologie appliquée acquiert une importance prépondérante non seulement dans le contrôle et la surveillance des installations nucléaires, mais également dans la sélection des sites les plus appropriés aux nouvelles centrales de puissance.

Une attention particulière doit être donnée aux prévisions énergétiques pour les années 1980 et suivantes; ce qui entraînera l'implantation de nombreux réacteurs, spécialement près des fleuves, au bord des lacs ou le long des rivages marins.

Une conception globale des problèmes de pollution radioactive, à l'échelle d'un bassin hydrologique ou d'une région atmosphérique doit se substituer à la méthode actuelle qui prend en considération les formules de rejet spécifiques relatives à une seule installation ou un seul site nucléaire.

Les aspects économiques essentiels pour la production d'électricité d'origine nucléaire nécessitent une radioprotection à la fois rationnelle et efficace et d'un moindre coût.

Il sera nécessaire de concevoir une radioécologie « prévisionnelle » permettant une planification à long terme pour l'établissement de nouvelles installations

(choix d'un site approprié), planification dépassant le cadre national, spécialement pour les Six Pays de la Communauté ou la densité de la population est particulièrement élevée et où se trouvent plusieurs fleuves internationaux

Le développement de modèles mathématiques a été largement souligné. Il conviendrait maintenant d'en étendre l'application pratique.

Parmi les problèmes nécessitant des recherches et des études plus étendues, on peut citer : la pollution par le Tritium et ses dérivés, la pollution par les gaz nobles radioactifs dont le Krypton-85 et aussi la recherche d'une solution acceptable du point de vue sanitaire pour l'entreposage et l'élimination définitive des déchets radioactifs. Dans ce cas, une collaboration internationale est indispensable.

Le Symposium a également montré comment certains concepts et méthodes employés avec succès en radio-protection et en radioécologie pouvaient être utilisés dans la lutte contre les nuisances non radioactives. Si, actuellement, une unité de nuisance générale est impossible à définir, la notion de « dose engagée » adoptée en radioprotection peut servir de base de jugement pour développer le concept de dommage engagé; des critères et des niveaux-guides doivent être établis sur une base communautaire, afin de promouvoir une réglementation concernant les pollutions non radioactives, à l'instar des doses limites figurant dans les normes de base de l'Euratom.

Enfin, le Symposium a confirmé l'intérêt d'une collaboration internationale et multidisciplinaire pour la lutte contre les nuisances et pour la protection de l'homme et de son environnement et il a souligné la nécessité de développer l'information et la documentation spécialisée et l'éducation sanitaire du public.

Compte rendu de la réunion

du Groupe de Travail « Biome Forêt »

du P.B.I. les 16, 17 et 18 décembre 1971
à Göttingen

Cette réunion regroupait théoriquement les principaux responsables européens des programmes intégrés d'étude d'écosystèmes forestiers.

M. REICHLÉ représentait les projets des Etats-Unis, M. HADLEY le P.B.I.

Les différents participants étaient :

Mr	ELLENBERG	Allemagne
	ULRICH	
	WEIDEMAN	
	DUVIGNEAUD	Belgique
Mme	DENAEYER	
Mr	TAMM	Suède
	ANDERSSON	
	HAVAS	Finlande
	THANDRUP	Danemark
Mme	KORNAS	Pologne
Mr	SATCHELL	Grande-Bretagne
	RAPP	France

Le but de la réunion était la préparation de la réunion mondiale à Oak Ridge, qui se déroulera pendant 15 jours (14-28/8/1972) avant la 5^e Assemblée Générale du P.B.I. à Seattle.

L'ordre du jour peut se résumer en quatre points :

- Etat d'avancement des différents programmes.
- Proposition et discussion de modèles pour la synthèse des résultats.
- Etablissement du programme de la réunion d'Oak Ridge.
- Discussion sur les activités futures du groupe.

1. Etat des recherches :

— Certains programmes sont déjà en voie d'achèvement, les responsables étant en train de faire la synthèse globale des observations. Il s'agit essentiellement des projets anglais et allemands, et à un degré moindre des programmes américains et danois.

— D'autres, tout en étant très avancés, présentent des lacunes dans certaines disciplines : c'est le cas des recherches zoologiques dans le projet belge (Virelles) et au Rouquet. Ceci se retrouve aussi dans le projet polonais, mais pour d'autres disciplines.

— Enfin, certains programmes ne sont qu'à l'état d'ébauche. C'est le cas en Scandinavie (où les études ont surtout porté sur le biome toundra) et en Belgique en ce qui concerne le projet strictement P.B.I. (Mireware).

2. Synthèse des résultats :

Le Professeur ELLENBERG signale d'abord la proposition de SPRINGER d'éditer un livre par principal écosystème étudié. Ecological Studies n° 4 sera certainement consacré au projet anglais.

Quant à la synthèse générale, deux projets de modèles ont été avancés. Le premier REICHLÉ est une variante

du modèle VAN DYNE-COULAND. Le second a été élaboré par ULRICH.

Après discussion, le modèle ULRICH a été adopté comme document de base. Sa mise au point définitive devra intervenir dans les trois mois. Les différents formulaires devront être remplis pour juin 1972 et envoyés en juillet à Oak Ridge. En ce qui concerne les cycles biogéochimiques, une réunion aura lieu à Bruxelles en avril ou mai 1972 pour coordonner les résultats de Solling, de Virelles et du Rouquet.

3. Meeting d'Oak Ridge :

La réunion d'Oak Ridge comportera trois grands thèmes :

— Le premier sera consacré à l'exposé des résultats des différents programmes intégrés nationaux.

— Le second portera sur la mise au point définitive de modèles pour la production primaire, secondaire, les flux d'énergie, d'éléments minéraux et d'eau.

— Le dernier concernera des discussions de problèmes plus précis, dont certains ont déjà été proposés :

- Comparaison des cycles biogéochimiques des forêts d'essences différentes. Ou encore de forêts d'essences identiques, mais se trouvant dans des conditions bioclimatiques ou idaphiques différentes.
- Rapports entre la biomasse aérienne et souterraine.
- Respiration des racines.
- Paramètres géographiques de la productivité.
- Relations production primaire, production secondaire.
- Préparation d'un programme minimum pour l'extension des observations stationnelles et la constitution d'un réseau mondial de stations.

4. Projets futurs pour l'étude des écosystèmes :

Le dernier point du paragraphe précédent constitue déjà un premier objectif pour la décennie à venir.

Un second concerne l'étude des forêts tropicales et équatoriales d'Afrique. Un programme minimum pour ce continent s'avère dès à présent très souhaitable.

Enfin l'étude des mécanismes qui conditionnent les flux d'énergie et de matière dans les écosystèmes forestiers représentera dans l'avenir « la recherche lourde et approfondie » dans cette discipline.

M. RAPP.

Groupe de Travail « PHYSIQUE DE LA BIOSPHERE » Compte rendu de la 7^e Réunion (Bruxelles, 28, 29, 30 octobre 1971)

Etaient présents : MM. BÉNARD, CRUIZIAT (remplaçant M. FOUGEROUZE), ECKARDT, GALOUX, GOILLOT, PERRIER, M^{lle} RODEYNS.

Ont également participé aux travaux de cette réunion plusieurs membres de l'Institut de Physique de l'Université libre de Bruxelles et notamment, MM. les Professeurs GLANSDORFF et PRIGOGINE, M. NICOLIS et M^{me} LAMBERT.

PROGRAMME

Jeudi 28 octobre.

Matinée : Exposé de M^{me} LAMBERT : Introduction à la thermodynamique des systèmes ouverts non linéaires. (Structure, stabilité et fluctuations) de P. GLANSDORFF et I. PRIGOGINE.)

Après-midi : Exposé de M^{lle} RODEYNS : Application à un problème écologique. Discussion.

Vendredi 29 octobre.

Matinée : Exposé de M. GALOUX : Flux entropique et production d'entropie (chaleur et matière) dans les systèmes ouverts. Application au bilan d'énergie dans la chênaie de Virelles. Discussion.

Après-midi : Informations concernant les problèmes de télédétection (Remote sensing) en France par M. GOILLOT, suivies d'une large discussion sur la circulation de l'eau dans les plantes et le sol en vue de préciser notamment la notion du potentiel hydrique.

Samedi 30 octobre.

Matinée : Discussion sur la structure et l'entropie d'un écosystème.

INFORMATIONS DIVERSES

M. GOILLOT a fait le point de l'état d'avancement des travaux de télédétection organisés par le C.N.E.S. (Centre National d'Etudes Spatiales), en France, en

liaison avec l'E.S.R.O. et la N.A.S.A. Il s'avère qu'au niveau écologique, de nombreux travaux sont encore nécessaires pour établir une interprétation au sol correcte (vérité-sol). Notre attention doit être soutenue dans ce sens.

Quelques réflexions après deux années de fonctionnement de notre Groupe.

Il est incontestable que le bilan est positif; mais quelques dangers nous guettent.

Le plus important est probablement le temps insuffisant que nos horaires surchargés nous laissent pour préparer nos réunions. Nous avons jusqu'à présent consacré la majeure partie de nos rencontres à une information réciproque très utile et très positive, mais nous risquons d'étendre indéfiniment le champ de nos investigations dans une dispersion qui pourrait nous détourner de notre but.

Les comptes rendus dans lesquels j'essaie, bien imparfaitement, de reproduire l'évolution de notre pensée commune en matière de « Physique de la Biosphère » ne sauraient indéfiniment suffire à notre œuvre. Je pense que, plus ou moins consciemment, les écologistes attendent davantage de nous. Il faut donc essayer de placer nos ambitions un peu plus haut.

Pour cela, il me semble qu'il faudrait localiser notre réflexion sur un ou deux sujets précis pendant quelques réunions, en vue d'organiser comme me l'a demandé le Professeur LEMÉE, Président de la Société d'Ecologie, un colloque ouvert à tous les écologistes pour tenter de leur apporter des informations originales dans notre domaine.

Je vous serais donc reconnaissant de vous soucier de ce problème, afin de pouvoir franchir une nouvelle étape dans ce sens lors de notre prochaine rencontre. Pour cela, vous pouvez vous aider des divers comptes rendus et de la note d'information en cherchant à apporter des propositions réalistes. Une partie de notre prochaine réunion (1/2 journée) sera encore consacrée à une information sur la bioénergétique que se propose de nous apporter M. BUVET relativement dans la ligne de notre réunion de Bruxelles, mais il serait souhaitable que le reste du temps soit consacré à des projets plus précis.

En attendant vos suggestions dans ce domaine, je joins au présent compte-rendu les textes des deux exposés que M^{lle} RODEYNS m'a fait parvenir et qui illustreront mieux que je pourrais le faire l'essentiel de nos échanges. Je n'oublie pas pour cela l'essai très intéressant que nous a proposé M. GALOUX au sujet de l'application des théories thermodynamiques des sys-

tèmes ouverts au bilan énergétique de la chaîne de Virelles.

Enfin je me permets de vous rappeler que nous avons mis en place un système de fiches d'information (métrologique, instrumentale, méthodologique) à l'usage des écologistes. Il serait bon que chacun pense à apporter ses contributions dans ce domaine.

Décembre 1971.
S. de PARCEVAUX.

**Compte rendu de la 8^e Réunion
(Créteil, 8-9 février 1972)**

Etaient présents : MM. BÉNARD, BUVET, FOUGEROUZE, GALOUX, GOILLOT, de PARCEVAUX, PERRIER, SAUGIER (remplaçant M. ECKARDT).

Ont également participé à une partie des travaux de cette réunion : MM. LAMBOLEY (Centre technique de la Météorologie nationale de Trappes - 78) et COULET (Société européenne de propulsion d'Istres).

PROGRAMME

Mardi 8 février 1972.

Matinée : Echanges d'informations et première séance de travail.

Après-midi : Exposé de M. BUVET sur ses conceptions concernant l'origine non enzymatique des processus métaboliques. Discussion.

— Présentation d'un avant-projet d'une petite station automatique de mesure des facteurs du milieu en écologie par M. COULET en présence de M. LAMBOLEY. Discussion des diverses caractéristiques.

Mercredi 9 février 1972.

Matinée : Séance de travail : consacrée à une discussion sur les possibilités d'adaptation de la thermodynamique à la biologie.

Après-midi : Réunion commune avec la section de Thermobiologie de la Société Française des Thermiciens, consacrée à la Métrologie en Biologie (Présidents : MM. Dr LEMAIRE et R.J. BOUCHET).

ECHANGES DE VUE

1. *Caractérisation climatique d'un écosystème.*

A ce sujet un certain nombre de notions sont mal définies. L'intrusion nouvelle et de plus en plus pressante des aspects quantitatifs conduit à introduire une action permanente dans le système étudié. Il faut considérer la trilogie - environnement - système - sonde.

Pour cela, il faut préciser les échelles de temps et d'espace, la constante de temps et la constante spatiale ou rapport géométrique du point de mesure à la dimension totale du système. Dans ce domaine, la couche limite joue un rôle essentiel.

Etudier la physiologie d'un écosystème consiste d'abord à relever des grandeurs ponctuelles caractéristiques des réactions des organismes dans le milieu. Quelles relations existe-t-il avec les grandeurs mesurées au loin (par exemple sous abri)? Ces grandeurs au loin ou à distance, ou grandeurs écologiques limitées, peuvent se définir comme les grandeurs relevées à une distance telle qu'il n'y ait plus de rétroaction de la sonde de mesure sur le système.

En effet, tout capteur est un drain d'énergie. Mesurer n'est pas lire un instrument, mais perturber et transformer un système en y drainant quelque chose. Dans un ensemble environnement-système-sonde parfaitement en équilibre, aucune mesure n'est possible. Cet aspect de la nécessité d'un certain déséquilibre pour réaliser une mesure est un aspect très mal connu. L'information nécessite de l'énergie, un travail de repos correspondant à la mise en équilibre de la sonde avec le milieu. Il y a donc un couplage entre la sonde et le milieu, et c'est là qu'intervient l'impédance métrologique qui doit être adaptée à l'impédance de la grandeur à mesurer qui est elle-même liée à l'impédance énergétique globale du système. Il faut faire le rapport entre l'énergie nécessaire pour la mesure et l'énergie disponible dans le milieu et étudier les relations sonde-objet et système-milieu.

Cette notion de capteur peut être étendue; on peut considérer un insecte comme une centrale de mesure locale car il draine de l'énergie, c'est un capteur. L'écosystème est un système intégré basé sur les transferts d'énergie ou de masse.

Le milieu extérieur peut agir sur le système par le maintien à une valeur constante d'une quantité ou d'une tension (action potentiostatique). Il y a des différences selon la nature des phénomènes envisagés: le couplage peut-être linéaire ou semi-logarithmique. La

réaction peut se faire à quantité constante (extensostatique) ou au contraire à tension constante (dynamostatique) dans un système tamponné. L'effet tampon déplace le drain d'énergie ailleurs, à la limite du système; on l'oublie souvent.

2. *Thermodynamique et Ecologie.*

La démarche des thermodynamiciens n'est pas adaptée à l'Ecologie. Il est intéressant à ce sujet de revoir l'historique du deuxième principe.

En posant les hypothèses et en énonçant les principes, la thermodynamique a été un peu cloisonnée. Le matériel thermodynamique actuel n'est pas adapté à l'utilisation écologique. Il y a un gros effort pédagogique à faire pour introduire la thermodynamique en Ecologie. Dans une première étape, puis dans une deuxième étape, extraire des problèmes écologiques précis, par exemple, bâtir des études de bilans énergétiques des systèmes, de l'entropie de croissance, établir les bases de l'énergétique des échanges. On peut déjà dire que dans l'étude du bilan de la photosynthèse et de la respiration l'ATP ne correspond pas à l'énergie. Quelle est l'enthalpie libre d'un être vivant? Sa connaissance permettrait de découvrir des modèles à comportement identique.

Il faut morceler le système actuel pour l'adapter à de nouveaux utilisateurs et permettre le dialogue entre Ecologistes et Thermodynamiciens.

3. *Petite station automatique de mesure des facteurs du milieu.*

Notre rôle est de définir les types de matériel et d'assurer l'interface souvent nécessaire entre les écologistes de base et les physiciens constructeurs.

Dans cette optique, M. BÉNARD a déjà organisé une réunion à Caen (voir C.R. correspondant dans le Bulletin de la Société d'Ecologie). Il existe de grosses stations en milieu marin dont le prix est excessif. Il s'agit de mettre au point de petites stations de mesure autonomes d'un prix abordable et utilisables dans un milieu quelconque, donc par tous les écologistes.

D'un point de vue pratique, il s'agit d'abord de confronter les demandes et les possibilités des techniciens. Les méthodes aveugles (bande perforée, bande magnétique) sont difficiles à assimiler par les biologistes.

M. COULET étudie dans ce sens un ensemble modulaire composé de deux caissons étanches pesant environ 40 kg chacun et pouvant être lesté par des poids pour l'utilisation en milieu marin. 10 paramètres physico-chimiques peuvent être enregistrés à la cadence maxi-

male de 4 secondes par voie. L'autonomie un peu faible (alimentation par accus) serait de l'ordre de 5 jours en enregistrement analogique et de 5 à 10 jours en enregistrement magnétique.

Un gros problème reste à résoudre en ce qui concerne les capteurs (performances et caractéristiques) dont dépend la signification des mesures.

4. *Exposé de M. BUVET sur l'origine non enzymatique des processus métaboliques.*

Il me paraît difficile de résumer cet exposé passionnant et j'espère que M. BUVET pourra fournir un texte sur ce sujet à paraître dans le Bulletin de la Société d'Ecologie. Pour ceux du Groupe qui sont intéressés, M. BUVET m'a fait parvenir le texte d'une conférence en anglais qu'il a faite à Moscou en avril 1971 sur ce sujet.

5. *Réunion avec la Section de Thermobiologie de la Société Française des Thermiciens.*

Nous y avons entendu deux conférences intéressantes du Professeur COX sur l'analyse du microenvironnement humain et du Dr GAUTHIERIE sur des données nouvelles en matière de thermographie. Les textes de ces conférences seront très probablement publiés dans la Revue Générale de Thermique.

S. de PARCEVAUX.

Compte rendu de la Réunion sur la technologie des petites stations automatiques en écologie, tenue à l'Institut Universitaire de Technologie de Caen, le 27 mai 1971

par Francis BÉNARD, Laboratoire Maritime
Université de Caen

Le Groupe de Travail « Physique de la Biosphère » de la Société d'Ecologie s'est fixé, parmi ses objectifs, l'étude des méthodes et des instrumentations existantes ou à mettre en œuvre dans le domaine de la description des paramètres physico-chimiques des milieux biologiques. Il a jugé utile, par l'organisation de cette réunion, de recueillir les plus larges informations concernant aussi bien les besoins des Scientifiques, que les réalisations et les possibilités techniques des Constructeurs.

Un envoi de 89 programmes a entraîné le retour de 49 réponses favorables à cet projet et à l'envoi d'un compte rendu.

Vingt personnes acceptèrent d'y participer. La liste en figure en annexe (11 Scientifiques et 9 Constructeurs).

L'ordre du jour concernait :

- Buts poursuivis et définitions générales;
- Recueil et exploitation de l'information;
- Grandeurs à mesurer; analyse des capteurs et chaînes de mesures correspondantes;
- Servitudes : alimentation, durée d'autonomie, implantation, dimensions, masse, coût, etc...;
- Etude d'une réalisation collective polyvalente à éléments normalisés.

I. — BUTS POURSUIVIS ET DÉFINITIONS GÉNÉRALES
(F. BÉNARD).

Il s'agit de définir les caractéristiques générales d'une station de recueil de données fonctionnant *in situ*. Elle devrait couvrir des recherches scientifiques (écologie, océanographie, hydrologie, limnologie, algologie, éco-physiologie animale ou végétale, sédimentologie) ou appliquées (surveillance d'ambiance, de pollution, d'émissaires industriels).

Sa conception, son fonctionnement, sa mise en œuvre, sa fiabilité doivent tenir compte d'utilisateurs n'ayant pas à intervenir directement, mais seulement à tester l'état de fonctionnement : positionnement de zéro, de 100 %, étalonnage par exemple.

La nécessité de prévoir la mise en œuvre directement dans la nature rend délicat de disjoindre les capteurs, les électroniques associées et le stockage des informations. On visera, si possible, à un regroupement évitant au maximum les servitudes liées aux câbles.

Une conception modulaire, une normalisation des impédances et des valeurs d'entrée et de sortie, ainsi que des tensions d'alimentation, devraient permettre de satisfaire les desiderata spécifiques des utilisateurs, tout en réduisant au maximum le coût de fabrication. En effet, dans la mesure où les données acquises doivent rester strictement comparables entre stations, il faudrait envisager une large diffusion d'un tel matériel. En cas de recueil sous forme numérique, une unité de traitement nationale pourrait assurer l'analyse des résultats.

II. — RECUEIL ET EXPLOITATION DE L'INFORMATION.

Monsieur LAMBOLEK exposa les solutions adoptées par l'O.N.M., dans un domaine comparable : télétransmission digitale avec un recueil centralisé, en vue du traitement sur machine. Si ces installations donnent toutes satisfactions, un problème demeure au sujet des capteurs (rôle des facteurs naturels : poussière, givre, etc...).

Dans l'échange de vues qui suivit, deux tendances furent avancées :

1. Recueil *in situ* sous forme analogique ou numérique, lisible directement (imprimante), proposé par les Biologistes désireux de pouvoir contrôler immédiatement les valeurs et saisir directement l'importance de l'amplitude des variations.

2. Télétransmission et recueil sous une forme numérique pouvant être traités directement (bande magnétique ou perforée). Cette solution a l'adhésion des Constructeurs qui soulignent la faible consommation d'énergie. Les Biologistes signalent qu'il n'est pas toujours possible de disposer une station réceptrice à proximité.

Cette question ne recevra de solution définitive que lorsque seront mieux définis la quantité d'information à stocker, les intervalles des échantillons et la durée d'autonomie de fonctionnement.

III. — GRANDEURS A MESURER.

Messieurs DELEPINE, DORNE, JAUBERT, ORAND, BÉNARD et COSSON indiquent, à l'occasion de la présentation de leurs recherches, quels sont les paramètres physiques ou chimiques qui leur sont nécessaires à connaître.

Le tableau suivant résume l'essentiel de la discussion. Messieurs les Constructeurs indiquent éventuellement leur réalisation.

Parallèlement à cet aperçu d'ensemble, le problème relatif à la création de capteurs spécifiques d'une part, et à la recherche de leur totale fiabilité d'autre part, laisse envisager qu'une recherche technologique s'impose dans ce domaine. Les points retenus comme fondamentaux sont :

- la réduction maximale des dérives,
- le problème de la pollution des surfaces sensibles (électrodes) par le développement de voiles organiques (bactéries, diatomées, etc...).

Des capteurs permettant d'évaluer l'énergie utile pour des photosynthèses, ou de préciser la charge en parti-

cules fines sont certainement liés à des études nouvelles.

IV. — SERVITUDES DE MISE EN ŒUVRE.

Le problème de l'autonomie en énergie semble également lié au type de stockage de l'information. Les Constructeurs se proposent, lorsque le bilan en ce domaine sera dressé, d'envisager les solutions possibles : piles ou accumulateurs, centrales thermo-électriques, éoliennes, centrales utilisant l'énergie des vagues, etc...

F. BÉNARD expose le résultat d'essai de générateurs à piles solaires, et indique que le rendement en mer est faible pour l'importance de la mise en œuvre.

La durée d'autonomie (période de travail sans maintenance générale, sans changement de source d'alimentation, sans vérification des capteurs) devrait être de 8 à 15 jours, voire 1 mois. Le recueil d'information seule pourrait être plus fréquent : 4 à 5 jours. Ceci correspond à un programme minimal, certains utilisateurs ne peuvent visiter les stations qu'une fois par mois.

Quant au format et à la masse, la station devrait être manipulable par 2 ou 3 personnes, et par des moyens de levage simples. Pour les stations immergées, se pose le problème de la densité apparente dans l'eau qui devrait être aux environs de 3, pour résister aux turbulences. On devra tenir compte également des variations de température de la station elle-même et de son électronique.

V. — ETUDE D'UNE RÉALISATION COLLECTIVE POLYVALENTE A ÉLÉMENTS NORMALISÉS.

Le compte rendu de cette séance sera envoyé aux personnes présentes ainsi qu'à celles qui, sans participer à la réunion, ont montré de l'intérêt pour ce projet. Il serait très utile que des compléments d'information, suggestions et critiques soient centralisés à :

L'Institut Universitaire de Technologie
F. BÉNARD
Boulevard Maréchal-Juin à Caen (14)

Une réunion à la rentrée prochaine permettant d'élaborer un document de base, pour l'éventuelle confection de cahiers de charges.

Il semble utile que les organismes responsables des problèmes d'Océanographie soient prévenus de ce programme d'action.

F. BÉNARD.

TABEAU DE SYNTÈSE
Paramètres à mesurer

Grandeurs à mesurer :	MILIEUX			
	dulçaquicole	marin	aérien	terrestre
— Température	0 - 20°C (± 1/10)	0 - 20°C (± 1/10)	- 50 + 70°C (± 1/10)	- 10 + 30°C (± 1/10)
— Energie radiative	Rayonnement global			
— Eclairement	0-50000 lx x 1000)	0-5000 (100)	0-100000 (1000)	0-100 (1)
— Répartition spectrale	UV - V - IR	UV - V - IR	UV - V - IR	
— Radioactivité	Pour mémoire			
— Bruit	Pour mémoire			
— Pression statique absolue	Gammas entre 0 et 5 b		950 - 1050 mb	
— Niveau	0-2 m (± 0,05 m)		évaporation	
— Accélération	Pour mémoire			
— Vitesse	0-5 m/S (± 5 %)		0-60 m/S (± 3 %)	
— Direction d'écoulement	0-360° avec référence au Nord magnétique		(± 10°)	
— Humidité			0-100 % (± 2 %)	teneur en eau des sols
— Humectation	Détection en binaire de la présence ou l'absence d'eau.		8 du pt de rosée - 15 + 25°C	
— Précipitation			± 0,1 mm d'eau	
— pH	6-9 unités (± 0,1)	7-9 unités (± 0,1)		
— Oxydo-réduction	± 500 mV (± 5)	500 mV (± 5)		
— Ions (Na, Ca, Mg)	Pour mémoire			
— Salinité	0-2 (± 0,1)	0-25 (± 0,1) 25-35 (± 0,05)		
Oxygène (pression partielle)	0-200 % (± 5 %)	0-200 % (- 5 %)		
— Turbidimétrie (charge)	expression des résultats à étudier			
Visibilité atmosphérique			pour mémoire	

Caractères généraux relatifs au recueil des données (valeurs souhaitées):

- Nombre de paramètres: 12.
- Incertitude sur les mesures: 1 %.
- Intervalle entre échantillonnage: 10 mn à 1 heure.
- Durée admissible d'échantillonnage: 1 à 30 secondes.
- Durée d'autonomie: 8 à 15 jours, voire 1 mois.

Note: Les deux premiers nombres définissent des gammes; la parenthèse indique l'incertitude.

**Compte rendu
de la Réunion préliminaire du jeudi 2 mars
de la Société d'Ecologie, section locale
(Bouches-du-Rhône, Var, Vaucluse)**

Liste des présents.

SAAS, C.E.N., Cadarache (Pédologie - Radioécologie).
 GRAUBY, C.E.N., Cadarache (Radioécologie).
 BAUDIN, St-Charles, Cadarache (Ecologie et Radioécologie
 eaux saumâtres).
 BIGOT, C.N.R.S., Centre St-Jérôme (Entomologie).
 KIENER, C.N.R.S., St. Marine, Endoume (Ecologie eaux
 saumâtres - Poissons).
 DE CASABIANCA, St. Marine, Endoume (Ecologie Etangs
 Corse - Production Crustacés).
 BELLAN-SANTINI, St. Marine, Endoume (Ecologie marine
 benthique).
 LEDOYER, St. Marine, Endoume (Ecologie marine benthique).
 BELLAN, St. Marine, Endoume (Ecologie marine benthique).
 RÉGIS, Centre St-Jérôme (Ecologie marine benthique).
 PONSOT, Centre St-Jérôme (Ecologie Collembolles).
 LEOHER, Centre St-Jérôme (Ecologie cours d'eaux tempo-
 raires).
 COMBE, Centre St-Jérôme (Evolution végétation et sols après
 incendies).
 BONIN, Centre St-Jérôme (Phytosociologie - Ecologie
 végétale).
 LIONS, Centre St-Jérôme (Ecologie animale).
 BONAVITA, Centre St-Jérôme (Adaptation des Mollusques à
 la sécheresse).
 LOISEL, Centre St-Jérôme (Phytosociologie - Ecologie végé-
 tale méditerranéenne).
 NEGRE, Centre St-Jérôme (Phytosociologie - Ecologie végé-
 tale méditerranéenne).
 AUBERT, Centre St-Jérôme (Phytosociologie - Ecologie
 végétale).
 MUSSO, Centre St-Jérôme (Entomologie).
 POIZAT, Centre St-Jérôme (Ecologie Mollusques Opistho-
 branches).
 GUIDICELLI, Centre St-Jérôme (Ecologie des eaux courantes).
 BOURREIL, Centre St-Jérôme (Ecologie Graminées).
 CHAMPEAU, Centre St-Charles (Milieux aquatiques tempo-
 raires).
 BRUN G., Centre St-Charles (Biologie des Insectes).
 ARCHILOQUE, Centre St-Charles (Phytosociologie - Carto-
 graphique végétale).
 CLAUZADE, Professeur, Ecole Normale, Avignon (Lichéno-
 logie).

DEMAU, Professeur, Lycée Nord Marseille.

DOUGUEDROIT, Institut Géographie, Aix (Rapport du climat
 et de la végétation).

RIOM, I.N.R.A., Recherches Forestières, Avignon (Entomo-
 logie).

SCHVESTER, I.N.R.A., Recherches Forestières, Avignon
 (Entomologie).

DU MERLE, I.N.R.A., Recherches Forestières, Avignon
 (Entomologie).

DELCOURT, Muséum Marseille (Biologie, Ecologie Amphibi-
 ens).

PLAISANCE, Directeur de la Propriété Forestière de Pro-
 vence, Marseille.

Les sociétaires des départements des Bouches-du-
 Rhône, Var et Vaucluse ont été convoqués par les
 conseillers régionaux pour répondre au vœu exprimé
 par le Bureau et le Conseil de la Société d'Ecologie
 dans la lettre du 18-12-71.

La réunion préliminaire du 2 mars a donc eu pour
 objet la création d'une section locale.

La discussion a d'abord porté sur les limites géogra-
 phiques de la future section. Il a été décidé que, pour
 l'immédiat, une section locale, englobant les trois dépar-
 tements (soit 65 sociétaires), commencerait à se struc-
 turer. De plus, il a été recommandé aux conseillers
 régionaux de prendre contact très prochainement avec
 leurs homologues de l'Hérault et des Alpes-Maritimes
 afin d'envisager éventuellement un groupement régional
 plus étendu.

Une large discussion s'est engagée sur les buts et
 les activités de la section locale. Voici les principales
 propositions qui ont été faites dans ce domaine :

1) L'essentiel, dans l'immédiat, est d'établir une con-
 certation entre les écologistes et faire connaître au sein
 de la section les programmes de travail des équipes de
 recherches. Il est apparu en effet que la plupart des
 sociétaires d'une même région ignoraient jusqu'à pré-
 sent leurs activités respectives.

2) L'animation de la section locale doit consister
 principalement en des exposés et des discussions qui se
 tiendraient à dates régulières (pour le moment : une
 fois par trimestre). Il conviendrait aussi, certaines an-
 nées, d'organiser des colloques sur des thèmes précis
 se rapportant à des problèmes en rapport avec l'en-
 vironnement méditerranéen. Certains exposés, colloques
 ou mémoires régionaux, présentés devant la section
 locale, pourraient être transmis, sous sa responsabilité, au
 secrétariat national en vue d'une publication dans le
 Bulletin.

3) La section locale pourra être amenée à organiser
 quelques colloques d'intérêt national, ouverts à tous les
 membres de la société.

4) Les échanges d'informations entre écologistes de diverses disciplines devraient permettre l'élaboration de groupes de travail qui pourraient aboutir à des actions concertées pluridisciplinaires.

5) Parmi les fonctions de la section locale, figurera l'information des collègues enseignants du secondaire : recyclage, excursions, visites de laboratoires.

6) Il convient d'envisager la représentation et l'insertion de la Société d'Ecologie dans les différentes manifestations et actions régionales relatives à l'aménagement et à la conservation de l'environnement. Cette représentation « officielle » de la société au niveau de sa section locale devrait permettre en outre la prospection de débouchés pour les jeunes écologistes.

Au cours du débat, on a été amené à évoquer certaines activités pluridisciplinaires auxquelles participent plusieurs laboratoires d'Ecologie :

- action concertée sur le Ventoux,
- action concertée sur les biocénoses halophiles de Camargue.

Devant l'intérêt suscité par ces exposés, il a été décidé que la prochaine réunion serait consacrée principalement à la présentation des recherches réalisées dans la région par certains groupes et laboratoires.

Des exposés succincts seront faites par certains de nos collègues.

MM. SCHVESTER, pour les laboratoires de l'I.N.R.A. d'Avignon,

BELLAN, pour la Station Marine d'Endoume,

M^{lle} DOUGUEDROIT, pour l'Institut de géographie d'Aix,

MM. NÈGRE, pour le laboratoire d'Ecologie végétale de St-Jérôme,
LAVAGNE, pour le laboratoire de Phytosociologie et Cartographie végétale de St-Charles,
AUBERT, pour le laboratoire de Botanique de St-Jérôme,
GRAUBY, pour le service de Radioécologie de Cadarache,
GIUDICELLI, pour les laboratoires d'Ecologie animale de St-Charles et St-Jérôme,
KIENER, pour l'équipe C.N.R.S. des eaux saumâtres.

Le bureau de la section locale a été désigné; il comprend :

MM. BELLAN,
DENIAU,
M^{lle} DOUGUEDROIT,
GIUDICELLI,
GRAUBY,
SCHVESTER.

Questions diverses :

Quelques collègues ont posé le problème de la participation du Conseil national aux frais de fonctionnement de la section locale. Cette question sera transmise au Secrétaire général de la Société.

Les conseillers régionaux ont donné quelques informations sur le Bulletin. Le Bulletin est ouvert à tous les sociétaires et doit être considéré maintenant comme une revue scientifique à part entière. Tous les articles transmis pour publication sont examinés par un comité de lecture auquel participent les membres du conseil.

Pour éviter toute interruption dans l'envoi du Bulletin, les membres de la Société d'Ecologie et les collectivités abonnées au Bulletin sont priés de communiquer leur adresse code postal au secrétariat : 4, avenue du Petit Château 91800 - BRUNOY.

NOUVELLES DIVERSES

ZONES D'INTERET BIOLOGIQUE MAJEUR DANS LE LUBERON

DÉFINITION

Un territoire se présente toujours comme un mosaïque dont les éléments sont soit désertifiés (villes, routes, usines, zones érodées, incendiées, forêts rasées), soit cultivés de façon permanente ou semi-permanente, sont laissés en forêts exploitées pratiquement partout, soit en prairies ou zones ouvertes pâturées ou non. Ajoutons à cette liste les marais, les cours d'eau et les étendues d'eau.

Le nombre des parcelles où la vie se maintient à l'état plus ou moins parfaitement naturel est donc assez réduit et les zones d'intérêt biologique majeur ne peuvent être que celles où l'homme intervient peu (exploitation forestière clairsemée ou très espacée dans le temps, zones sans pâture ou de pâture non continue).

Parmi ces dernières, tout n'est pas d'intérêt majeur; il faut que, dans l'ensemble des configurations géographiques et géomorphologiques, la flore et la faune, sinon la roche, aient montré, à la suite d'un inventaire tendant vers l'exhaustivité, une qualité supérieure à la plupart des autres zones soumises aux mêmes conditions.

A l'échelle de la France, il se trouve que la répartition des valeurs, pour le milieu terrestre et dulçaquicole, en allant de la moins remarquable à la plus remarquable, est la suivante : marais de plaine; littoraux non méditerranéens, montagnes moyennes au nord et à l'ouest du Rhône, littoral méditerranéen, montagnes subalpines et alpines non méditerranéennes, montagnes méditerranéennes et pyrénéennes.

On a donc un devoir particulier vis-à-vis des montagnes de notre région dont on peut estimer qu'elles contiennent plus des 2/3 de la flore et de la faune françaises.

Encore convient-il de rechercher, dans ces montagnes, les parties qui contiennent l'essentiel de ces richesses. C'est ce que nous avons essayé de faire.

Malgré cela les uns estimeront que ces surfaces sont trop grandes, les autres trop petites.

Aux premiers nous dirons que des pays bien moins favorisés ont cependant protégé des surfaces incomparablement supérieures (Allemagne, Suède). Ensuite, si l'on ne préserve pas à la fois une quantité et une qualité, les effets de bordure, surtout dans des zones longues et étroites, comme c'est le cas ici, ne tardent pas à démanteler le milieu. Il faut donc que, même avec le maintien de ces surfaces, on exerce une surveillance sévère et que des bandes territoriales placées en bordure servent de garde-fous à ce qui a été étudié et défini.

Aux seconds nous dirons que l'idéal eût été évidemment de mettre à l'abri toute la montagne, d'autant plus qu'on la connaît encore mal, mais qu'il ne faut peut-être pas désespérer d'éduquer un peu le public qui se déplacera dans les zones que l'on a estimées de moindre intérêt (ce qui signifie pas qu'on les offre à saccager !).

Dans l'état actuel des réflexions du Collège Scientifique du Lubéron, il doit exister trois zones dans la montagne :

— en bordure, par endroits, parfois un peu à l'intérieur, une zone où les surfaces exigées pour bâtir sont très importantes; la limite tracée au crayon autour de la montagne ou indiquée en pointillés dans la région de Manosque correspond à l'extérieur de cette zone qui n'est pas encore définie.

— plus à l'intérieur, une zone tampon où le public peut se promener, mais où les chemins sont en principes tous destinés à la D.P.C.I. Cette zone constituée de beaucoup la plus grande surface comprise entre la limite extérieure de la montagne et la zone ci-après.

— les zones que nous avons définies (tirets épais), où ne doit être construit aucun chemin nouveau et où rien ne doit être fait pour attirer ou retenir le public parce que ces zones sont le support d'études biologiques, doivent être complètement respectées, et sont en réalité d'intérêt national ou international, non seulement pour les scientifiques, mais aussi pour les divers êtres vivants, notamment à titre d'escalade ou de lieu d'hivernage pour les oiseaux migrateurs. Cela oblige évidemment, en particulier, à définir avec précision la possibilité de chasser tel ou tel animal.

— Nous nous sommes efforcés d'inclure dans nos périmètres le minimum de surfaces privées (indiquées en grisé sur la carte) (1).

POSITION DES SECTEURS

I. — VAUCLUSE

A. — Secteur ouest et centre du Petit Luberon avec prolongement à l'est jusqu'au vallon de Vallauris.

Communes : Robion (communal); Taillades (communal); Cheval-Blanc (domanial sauf une très petite partie privée); Mérimond (petite surface, communal); Puget (communal); Lauris (petite surface, communal).

B. — Secteur isolé de Combrès.

Commune : Oppède (communal).

C¹. — Bassin de l'Aiguebrun et piémont sud à Lourmarin.

Communes : Lourmarin (peu de privé, presque tout communal); Vauignes (communal); Buoux (privé et communal); Bonnicux (petite surface, privé); Sivergues (privé); Saignon (petite surface, privé).

C². — Petite buxaiie des Fondons.

Communes : Sivergues (grande partie privée), Saignon (privé), surface totale très petite.

D¹. — Secteur sommital et dépressionnaire du Grand Lubéron.

Communes : Sivergues (communal); Cucuron (privé); Auribeau (privé); Cabrières (communal, presque totalement); Castellet (communal); St-Martin-de-Castillon (3/4 communal, 1/4 privé); La Motte (privé); Peypin d'Aigues (communal et privé); Vitrolles (communal, peu de privé).

E¹. — Secteur de Pissayre, Montjustin, Villemus.

Communes : La Bastide-des-Jourdans (communal); Vitrolles (privé); Montfuron (privé et ? domanial); Montjustin (privé), Villemus (privé).

F. — Secteur des collines de Grambois.

Communes : Grambois (communal, privé); Beaumont-de-Pertuis (communal et privé).

II. — ALPES DE HAUTE-PROVENCE

D². — Prolongement du secteur sommital du Grand Luberon jusqu'au sud de Céreste.

Commune : Céreste (presque tout privé).

E². — Voir E¹ : Montfuron, Montjustin, Villemus.

G. — Secteur de Saint-Martin-les-Eaux.

Commune : Saint-Martin-les-Eaux (probablement tout privé).

H. — Forêts domaniales de Pelicier etc. et domaine d'Ardène.

Communes : Manosque; Volx; Dauphin (privé et domanial); Saint-Michel-de-l'Observatoire (privé).

I. — Secteur de Volx.

Commune : Volx; Dauphin (très petite partie privée; communal); Villeneuve (privé).

J. — Forêt domaniale de Corbières.

Commune : Corbières (privé, domanial).

K. — Secteur de Saint-Eucher.

Commune : Beaumont-de-Pertuis (privé).

L. — Secteur de Mirabeau.

Communes : Mirabeau (pr. tt. commun.); La Bastidonne (communal); Pertuis (communal).

COLLABORATEURS

Les personnalités suivantes ont contribué à l'élaboration des conclusions présentées, entre le début de juillet et la fin de décembre 1971.

M. Louis BIGOT, Docteur ès Sciences, chargé de Recherches au C.N.R.S., Faculté des Sciences de Saint-Jérôme, Marseille.

M. Jacques BLONDEL, Docteur ès Sciences, Sous-Directeur du Centre d'Ecologie C.N.R.S. de la Camargue, Le Sambuc.

M. Louis BOREL, Maître Assistant, Faculté des Sciences, Place Victor-Hugo, Marseille.

M. CLAUDE, Professeur à l'Ecole Normale d'Avignon.

M. l'abbé COMBALUZIER, 19, rue Briffaut, Marseille.

(1) Non publiée ici.

Madame COULON, Conseiller Biologiste du Vaucluse, Le Thor.

M. COULON, Pharmacie du Marché, Mycologue, Le Thor.

M. FÉRON, Directeur de Recherches I.N.R.A., Montfavet.

Madame Jacqueline GABERT, Maître Assistante, Faculté des Lettres et Sciences Humaines, Aix-en-Provence.

M. Pierre GABERT, Professeur, Laboratoire de Géographie, même adresse, Aix-en-Provence.

M. Bernard GIRERD, Conseiller Biologiste du Vaucluse, Le Thor.

M. Pierre LIEUTAGHI, Botaniste, Saint-Michel-l'Observatoire.

M. Pierre MARTEL, animateur permanent du Mouvement Alpes de Lumière, Saint-Michel-l'Observatoire.

M. Robert NÈGRE, Professeur, Faculté des Sciences de Saint-Jérôme, Marseille.

M. Georges PLAISANCE, Directeur du C.R.P.F., Marseille.

M. Gilbert PLAT, Professeur au C.E.S. de Pertuis, Maire de Carrières-d'Aigues.

M. Armand PONS, Professeur, Faculté des Sciences de Saint-Jérôme, Marseille.

M. Pierre REAL, Professeur d'Ecologie, Faculté des Sciences de Besançon, responsable du Collège scientifique du Lubéron (Fondation Laurent-Vibert).

M. L. RIOUSSER, Mycologue, Maillane.

M. SCHVESTER, Directeur Adjoint, I.N.R.A. (Recherches forestières), Montfavet.

Nous avons par ailleurs entretenu le contact avec MM. les Professeurs René et Roger MOLINIER (Marseille); nous n'avons malheureusement pas disposé d'assez de délai pour recueillir la collaboration de plusieurs autres personnalités, ce dont nous les prions de nous excuser; cette collaboration sera cependant requise lors du développement subséquent des travaux.

Ce qui est exposé a recueilli, sinon toujours l'unanimité des personnes, du moins une très large approbation.

Enfin précisons qu'en ce qui concerne les limites à définir pour le périmètre de la montagne du Lubéron, nous avons bénéficié de la collaboration de M. J.P. BRINGER, chargé de mission de la D.A.T.A.R. La suite de ce travail de délimitation était d'ailleurs plus, vis-à-vis des municipalités, du ressort de cette personnalité qui a ensuite consulté ces dernières.

Pour les zones internes de la montagne, nous examinerons le détail avec M. GAUTRAND, architecte-urbaniste.

LES ÉLÉMENTS D'APPRÉCIATION DE LA VALEUR ÉCOLOGIQUE ET LA DÉFINITION DES SECTEURS D'INTÉRÊT BIOLOGIQUE MAJEUR

Nota. — Dans l'examen des secteurs tel qu'il suit, nous ne citerons que quelques jalons biologiques remarquables, parmi les plantes et les animaux. Mais il faut entendre que les prospections faites ont montré qu'il ne s'agit presque jamais d'espèces isolées. Le plus souvent ce sont des chefs de file autour desquels s'ordonnent de 10 à plusieurs centaines d'espèces typiques. Il est évident que seule une étude extrêmement développée eût pu faire état de tout ce que nous connaissons désormais.

A. — LE GRADIENT EST - OUEST.

Le Lubéron constitue un dispositif très allongé d'Est en Ouest et très étroit du Nord au Sud.

Il en résulte la nécessité d'un découpage ménageant un maximum de distance Nord-Sud avec quelques interruptions dans la longueur. Cette conception des zones à respecter permet de diminuer les effets de bordure par une diminution du rapport périmètre/surface et de faciliter une surveillance à partir d'un centre ou d'un axe, lorsqu'on disposera des moyens voulus.

Par chance il se trouve qu'on peut respecter ce principe commode. Il y a alors dans la chaîne même 5 grands secteurs :

— Le premier se situe dans le Petit Lubéron occidental et central,

— Le second est le bassin de l'Aiguebrun avec ses dépendances,

— Le troisième est le secteur sommital du Grand Lubéron avec sa dépression Sud,

— Le quatrième s'ordonne autour de la route de La Bastide-des-Jourdans à Montjustin et Villemus,

— Le cinquième est constitué par deux parties presque contigües de Pélacier aux Rochers de Volx.

Au sud-est se retrouvent à l'écart 4 petits secteurs isolés :

- Collines de Grambois,
- Forêt domaniale de Corbières,
- Secteur de Saint-Eucher,
- Collines de Mirabeau.

L'extension de la chaîne du Lubéron en longueur provoque, à mi-chemin entre la frontière espagnole et la frontière italienne, et à peu de distance du Rhône,

la ségrégation en sens Ouest-Est des espèces végétales et animales atlanto-méditerranéennes (provenant d'Espagne ou d'Afrique du Nord et ne dépassant souvent pas la Ligurie), et en sens Est-Ouest des espèces méditerranéennes asiatiques qui ont suivi en général plus anciennement et en sens inverse les rives septentrionales de la Méditerranée, en subissant une raréfaction progressive jusqu'en Espagne. Il en résulte un intérêt biogéographique extrême, précisément dans la zone où le gradient de progression et de régression des deux tendances est le plus fort.

B. — LE CONTRASTE NORD-SUD. L'ÉROSION.

D'une façon générale le Lubéron ayant une arête Est-Ouest, les deux types essentiels de végétation climatique se répartissent sur le flanc nord d'une part (Association à chêne pubescent) et sur le flanc sud d'autre part (Association à chêne vert).

Mais 5 correctifs sont à apporter à cette vue simplifiée :

a) La zone subsommitale du flanc nord du Grand Lubéron porte une hêtraie à Erable (*Acer opulifolia*) actuellement morcelée et qui a souffert de l'installation de la route de crête. Cette troisième grande association climatique doit être sauvegardée à tout prix. Elle est installée sur les meilleurs sols du Lubéron, qu'elle entretient.

b) Le régime pluviométrique dépend d'un axe W-NW/E-SE qui assure plus de pluies sur le flanc sud du Lubéron central et oriental.

c) La nature des terrains (et spécialement l'affleurement de marnes et d'argiles) favorise la retenue d'eau sur le flanc sud du Lubéron central et oriental.

d) Le mistral arrive d'abord et avec le maximum d'intensité par le flanc Nord-Ouest du Petit Lubéron.

e) La rudesse du climat de la crête du Lubéron défavorise la végétation arborescente, sauf localement le Cèdre, et favorise le développement d'associations de plantes herbacées (cf. ci-dessous).

La délimitation de secteurs d'intérêt biologique majeur oblige donc :

1. — à s'étendre en éventail à l'extrémité occidentale du Petit Lubéron, de façon à comprendre les terrains les plus exposés au mistral qui sont en même temps parmi les plus insolés (cf. zone à *Iris chamaeiris* etc. vers le bas de la route du Petit Lubéron);

2. — au contraire, à recueillir dans le Grand Lubéron et dans la partie orientale les secteurs les plus arrosés, conservant de grandes nappes phréatiques en demi-altitude (dépression centrale du Grand Lubéron, alimentant le Pays d'Aigues) (Vallon de la Tapi, sur

Puget), ou constituant un bassin versant muni d'un ruisseau permanent intéressant pour sa faune et sa flore (secteur de Pissayre/La Verrerie à Château Véron/Musso), ou encore constituant un bassin violemment érodé, sur argiles et gypses, avec flore exceptionnelle, en partie calcifuge (dépression au SW de Montfuron).

Ces faciès modifient considérablement la répartition du Chêne vert et du Chêne pubescent, le premier occupant une grande partie du versant NW tandis que le second occupe une partie importante du flanc SE.

L'érosion.

Les versants assez raides de roches tendres (marnes valanginiennes et argiles rouges et vertes, gypses de l'oligocène) sont très fragiles dès que la couverture végétale est détruite ou raréfiée. Les ruissellements y entraînent des ravinelements profonds et rapides; la garrigue à romarin, là où elle existe, ne les protège pas assez et la moindre intervention humaine, chemins et surtout labours avant reboisement, doit y être soigneusement étudiée (cf. La Bastide-du-Bois, même en pente faible). Les plantes calcifuges ne forment pas un tapis. Les façons culturales selon les lignes de plus grande pente sont très dangereuses.

La confection du charbon de bois pendant la seconde guerre mondiale a beaucoup abîmé les chênaies; de plus, sur versant sud principalement, les coupes à 20 ou 30 ans laissent un taillis incapable de protéger le sol contre les orages.

La multiplication des routes n'est pas une des moindres causes de dégradation. Il n'est pas possible autrement que par des moyens coûteux (paillage avec humus et graines rapportées) d'empêcher les talus de s'effondrer en dehors des zones de calcaires durs. Quant aux chemins eux-mêmes ils subissent la formation d'énormes ornières (cf. descente des crêtes sur Cucuron). Leur raccordement avec les chemins anciens, souvent stabilisés, n'est pas toujours fait (cf. cuvette de Pissayre), ce qui diminue leur efficacité en cas d'incendie.

Le maintien des nappes phréatiques est sous la dépendance de la protection végétale car lorsque les bordures des couches imperméables sont entaillées, elles se vident. On doit donc lutter contre ce phénomène et étudier sur place même une captation ou une canalisation quelles qu'elles soient.

Ces considérations sur la dégradation d'un milieu sont particulièrement importantes. Non seulement il est utile de prendre des mesures aux multiples conséquences, mais on se doit de sauver en particulier les garrigues à romarin qui, d'origine hispanique, viennent jusque dans notre région en apportant une flore et une faune riches

(cf. 2^e capture en France de la Noctuelle *Oxicesta serrata*). Il s'y localise aussi des renards, lapins, blaireaux, etc. Si la myxomatose et la chasse ont diminué la population de lapins de façon bénéfique pour une partie de la flore, il n'en est pas moins vrai que la garrigue à romarin constitue un frein dans la rupture d'équilibre qui mène aux associations les plus dégradées (à Brachypodes); de plus elle peut, laissée à elle-même, être recolonisée par divers arbres. Le plus souvent, à l'heure actuelle, elle est peuplée de Pins d'Alep qui sont très inflammables : c'est pourquoi les installations humaines de plus en plus fréquentes dans de telles pinèdes ne sont absolument pas souhaitables.

Nota. — L'opposition globale en versant nord et versant sud est atténuée dans une certaine mesure à l'extrémité ouest du Petit Luberon (généralisation de l'Association à Yeuse) mais elle l'est en sens inverse à partir de Vitrolles. La progressivité, en cet endroit, du passage des associations les plus xérophiles (cade et romarin, etc.) aux plus froides (hêtraie) avec un grand détail dans les zones de transition dites écotonales (particulièrement riches biologiquement) peut être observée au mieux en partant des Hermitants (Peypin d'Aigues) pour repasser, par le Plan des Agasses, jusqu'aux hêtraies les plus orientales du Luberon (vallon de Saint-Jean et voisins).

C. — LA CRÊTE.

La rude climatologie de la crête longitudinale du Luberon est caractérisée par une série de facteurs rarement réunis même sur les sommets des autres montagnes méditerranéennes, ce qui vient ici du fait qu'on se trouve à la limite du domaine typiquement méditerranéen : brouillard et ennuagement longuement au ras du sol, mais aussi dessèchement par un mistral pouvant dépasser 200 km/h, insolation violente notamment sur le calcaire largement dénudé ou sur les croupes couvertes de cailloutis; ces cailloutis proviennent en partie du gel qui fait sauter les litages de l'hauteservien. Régime pluvial enfin, avec deux maxima encadrant gel et insolation.

Dans de telles conditions subsistent :

1. — L'association sommitale à genêt de Villars, rare en France, extrêmement résistante mais malheureusement diminuée par le passage de la route des crêtes; le genêt possède des tiges rampantes résistantes comme des câbles d'acier qui maintiennent le sol dans leur lacs.

On la trouve depuis l'occident du Petit Luberon jusqu'à Vitrolles, puis à Villemus, 10 km plus loin, sur une butte culminant à 780 m.

Sans cette association, le sommet pourrait être un désert comme le sommet du Mont Ventoux.

2. — L'association à Brome dressé et Fétuque glauque. Dans ces conditions c'est aussi une association climacique, de type steppique qui s'étale notamment sur les Hautes Plaines du Petit Luberon et constitue, avec une association de dégradation de la chênaie d'yeuses (*Brachypodium*), le domaine de pâture des moutons.

Du point de vue scientifique, c'est un relais important pour les peuplements végétaux et animaux steppiques, précieux en raison de la dispersion des formations analogues et de son ancienneté dont témoignent la présence de la Graminée *Stypa pennata* (aux inflorescences plumeuses), de divers insectes (Lépidoptères : *Apagetes russiae*, découvert tardivement à Digne, puis ailleurs en France; *Erebria epistygne*, le seul *Erebria* provençal typique, sur 31 espèces françaises).

Les associations sommitales contiennent des plantes très rares (*Gagea bohemica*, *Crepis suffreniana*, *Jurinea humilis*, *Scorzonera austriaca*). Il est donc nécessaire, si l'on envisage l'aménagement de quelques endroits plats, d'étudier auparavant la répartition de ces plantes ainsi que de quelques insectes par trop recherchés.

Du point de vue esthétique il y a intérêt à conserver intactes des surfaces peuplées de *Stypa*, très belles en juin, et permettant la découverte, sans entrave, au nord, à l'ouest, au sud comme vers les croupes situées à l'est, d'un paysage magnifique et exceptionnellement saisissant.

3. — Le Cèdre. C'est en réalité un arbre qui fait retour à son habitat naturel. Comme il vient d'être démontré en 1971 (thèse à la Faculté des Sciences de Marseille), par les analyses polliniques, le Cèdre n'a disparu de la région qu'au moment de la dernière avancée de la glaciation würmienne entre — 25 000 et — 30 000 ans. Sa réimplantation sur un sol convenable (sol brun de l'association à Chêne pubescent) est une heureuse coïncidence. Toutefois sa sylviculture était au départ mal connue : d'où les plantations trop serrées et le parasitisme.

La Cédraie — il en existe une seule autre importante au Ventoux — est un milieu mycologique très intéressant d'où, ces dernières années, trois espèces nouvelles ont été décrites (*Urnula pouchetii*, *Fusularia insignis* et une Lépiote). L'une d'elles a été redécouverte au Maroc, ce qui matérialise le rôle de relais de notre Cédraie à 1 000 ou 2 000 km de distance. Cela compense pour le naturaliste une certaine stérilisation botanique sous le couvert.

Ce rôle de relais, signalé ci-dessus pour les milieux steppiques montre que notre souci est en fait de préserver le rôle non pas régional, mais international, de certains milieux naturels.

Malheureusement nous nous demandons si l'une des trois espèces de champignons cités n'a pas disparu par suite du piétinement et de l'arrachage des buis sous les Cèdres de l'ex Pré Roustan. Il aurait fallu depuis longtemps protéger cette station.

La question de la circulation automobile dans le secteur des Cèdres fait l'objet de discussions entre les Forestiers d'Aix et le Pr. NÈGRE. Ce dernier a observé des microdésertifications causées sous les cèdres par les voitures. Il estime aussi que l'extension de la Cédraie là où c'est possible est le seul moyen d'assurer, par immobilisation d'humidité, la « remontée biologique » de toute la montagne, aujourd'hui en grande partie dégradée surtout sur l'adret.

Nous devons citer ici le grand intérêt mycologique du secteur de la Combe et de l'Aiguille (versant nord), sur association à chêne vert, partie à chêne pubescent.

D. — LES CONTRASTES INTERNES ET LES ASPECTS SEP- TENTRIONAUX.

La structure de la montagne du Luberon est très tourmentée, particulièrement dans le premier et le second secteur. Il en résulte partout la nécessité d'envisager une conservation adaptée aux effets de la géomorphologie (falaises, ravins encaissés, pitons, dépressions, arêtes), selon les orientations.

En effet, placé sous le 44° parallèle, le Luberon est à mi-chemin du pôle et de l'équateur, légèrement plus près de celui-ci et, de ce fait, également à la limite de la zone climatique méditerranéenne au sens strict. Les effets de contraste cités ci-dessus atteignent leur maximum, permettant le maintien d'espèces franchement thermophobes.

Il en résulte que l'on trouve dans le Luberon et parfois dans ses abords des enclaves qui ne sont plus méditerranéennes du tout.

Ainsi en est-il, près de Puoux, de la partie supérieure du lit de l'Aiguebrun où pousse une plante à affinité septentrionale (rare d'ailleurs), qui n'a pas de relais connu jusque dans l'Isère (*Scrofularia alata* Gilib.), pourtant à une distance d'1 km d'une autre, à aspect de Cerfeuil, *Physocaulos nodosus* L. qui est une des méditerranéennes les plus rares de France. Nous avions reconnu en juin 1970 le faible pourcentage d'espèces méditerranéennes dans ce secteur.

Des faits analogues sont à noter par exemple dans les dépressions subsummitales, sur Sivergues (présence simultanée, chez les Phalènes, de *Gnophos furvata*, sub-alpin, et de *Boarmia solieraria*, surtout hispanique); à l'extrémité occidentale du Petit Luberon, dans des ravins très encaissés (biotopes *abyssaux* dont une face ne

voit jamais le soleil), en orientation E-W (présence, dans le même groupe, de *Cidaria achromaria*, vivant normalement vers 1700-2000 m d'altitude, au lieu ici de 150-300 !). Dans les ravins très encaissés Nord-Sud, même constatation avec la présence par exemple de lichens dubarectiques dans les Gorges du Régalon, de toute façon très riche en végétaux inférieurs, mousses, etc.; également dans des combes du versant nord du Petit Luberon (plantes d'affinité montagnarde, *Daphne alpina*) en plein domaine du Chêne vert (avec le lichen méditerranéen *Verrucaria cazxae* : Combe du Beausset !). Aux mêmes endroits viennent hiverner des oiseaux alpins.

Nous ne pouvions donc que rechercher les secteurs les plus contrastés microclimatiquement permettant de sauvegarder (en dehors de l'intérêt des sites et de la géomorphologie) dans les espaces les moins développés, à la fois la flore et la faune les plus antagonistes, en nous basant tout particulièrement sur les éléments les plus aberrants qui sont les espèces les plus thermophobes.

Cela nous a conduit à prendre dans nos limites les ravins du versant nord du Petit Luberon (Combrès, le Beausset, La Combe et l'Aiguille), ceux situés sur Taillades et Robion, l'Escaoupré, le Régalon et la Galère, le vallon situé entre le Gros Caveau et la Roque des Bancs.

E. — LA FAÇADE MÉDITERRANÉENNE. ORNITHOLOGIE. CARRIÈRES.

L'existence de biotopes contenant en grand nombre des espèces caractéristiques de la zone méditerranéenne est liée à la fois à la géomorphologie qui crée les reliefs et les expositions, et à la climatologie locale. Le déplacement des masses d'air ayant des caractéristiques propres est lui-même lié à la configuration de toute la région.

1. — Ainsi le secteur le plus isolé est situé le long de la Durance entre Mirabeau et Pierrevet. C'est là que de février à avril se déplace le maximum d'insolation existant en France et dont le noyau se stabilise autour de Digne. Cette particularité climatologique est sans doute pour beaucoup dans la différenciation d'une flore et d'une faune endémiques provençales et doit remonter à un certain nombre de millions d'années, malgré des fluctuations. Ces conditions sont remarquablement représentées et individualisées : près de Mirabeau, aux falaises de Lescaran (présence d'*Euphorbia spinosa*, du rarissime *Iris lutescens*, de *Fumana levipes* et même d'insectes à affinité tropicale !); à Saint-Eucher (site botanique remarquable); et très largement dans la

partie sud de la forêt domaniale de Corbières où de grandes oliveraies sont aujourd'hui abandonnées.

2. — Un second secteur aussi remarquable se situe sur le rebord sud de la barre rocheuse où s'ouvre le canyon du Régalon. On y trouve le Lenticus dont il n'existe qu'une autre station en Vaucluse, dans les Dentelles de Montmirail, et, plus à l'est, de vastes colonies de *Bupleurum fruticosum*. Toute la crête et la pente sud de Roque Mailière à la Roquette abritent des plantes remarquables parfois calcifuges (*Erica scoparia*, normalement présente sur les ocres d'Apt). Il est également regrettable que le Grand Devens soit menacé par une opération immobilière, cet îlot biologique euméditerranéen qui s'était, après la Révolution Française, maintenu jusqu'à nous.

3. — Toute la corniche hauterivienne très découpée qui constitue l'arête sud du Petit Luberon, garnie de Fougères originales (*Asplenium glandulosum*) et par places d'*Ephedra villarsii* est un gîte à oiseaux absolument exceptionnel. Des discussions toutes récentes que nous avons eu avec les ornithologues français, il se pourrait que ce soit la plus remarquable de France et la plupart des 113 espèces nicheuses trouvées par J. BLONDEL dans le Luberon s'y rencontrent (il y a environ 260 espèces nicheuses en France); il s'y ajoute plusieurs dizaines d'espèces d'hivernants. Parmi les nicheurs on compte les grands Rapaces diurnes et nocturnes dont il n'existe plus que quelques dizaines de couples en France: Percnoptère d'Égypte, Aigle de Bonelli, Circaète Jean-le-Blanc, Grand Duc.

Ces oiseaux dont la présence signe le maintien jusqu'à nos jours d'un équilibre biologique véritable (*chaînes alimentaires complètes*) ne sauraient en tout cas subsister sans une protection d'un certain type, de leur terrain de chasse (Craus des Mayorques et de Saint-Phalès). Il faut obtenir l'assurance qu'on ne provoque ni l'empoisonnement des Rongeurs, ni d'autre pollution. Une assez importante réserve de chasse existe déjà, et c'est un grand bien. (Nous suggérons cependant une très petite modification dans le ravin de la Galère: faire passer la limite sur la crête et non sur la route, au fond).

4. — Les deux grandes arêtes rocheuses situées au Nord-ouest et au Nord de Volx ont des caractères analogues, mais moins accentués. Plusieurs grands Rapaces y nichent (ainsi qu'aux falaises de Lescaran, cf. plus haut).

5. — Un des secteurs les plus remarquables que nous ayons trouvé est le ravin du Dégoutau, caractérisé par son renfoncement en basse altitude jusque sous les falaises sommitales du Petit Luberon. Il semble que

cette configuration lui assure à la fois une protection contre le mistral et une réverbération, d'où la présence en plein cœur du massif, d'une flore remarquable (*Bupleurum fruticosum*, etc.) et d'une faune entomologique d'une richesse exceptionnelle, à laquelle, malgré notre connaissance du Luberon, nous ne nous attendions pas! (série d'espèces non vues en France depuis au moins 50 ans, dont une seconde capture).

6. — La Combe de Massel, sous La Roche (Combe de Lourmarin) montre dans ses endroits les mieux exposés, des végétaux très rares (*Delphinium fissum*, *Cytinus rubra*, etc. notamment dans la Cistaie).

7. — En remontant vers des conditions moins accentuées, on trouve un secteur compris entre la Combe de Lourmarin et le vallon de Vaunières; un petit secteur (non cartographié ici) dans les collines entre Lourmarin et Cadenet (présence du Baguenaudier et d'Arbousiers); le secteur de la Tuilière de Cucuron; un petit secteur sur calcaire berriasien (le plus ancien du Luberon) autour du Jas de Thomas (présence d'insectes comme *Ascalaphus ottomanus*, etc.) et, paradoxalement, deux secteurs sur le flanc nord: les falaises exposées au sud, au-dessus du bassin supérieur de l'Aiguebrun, jusqu'à la dépression oligocène de Sivergues (déjà citée); enfin l'arête de Montjustin, très aigüe et étroite sur 7 km avec ses terrains miocènes (et non crétacés), brûlés de soleil côté sud (froids côté nord), avec son peuplement de Genévriers et de Pins sylvestres bas, tourmentés par le mistral. La butte de Villemus en est un prolongement presque direct, et recèle des plantes très rares (*Arceuthobium*, *Asparagus tenuifolius*, etc.).

Nota 1. — Le terrain de chasse des Grands Rapaces du Petit Luberon pourrait paraître sans grand intérêt biologique par lui-même: c'est une garrigue à Chêne Kermès sur sa plus grande étendue. En réalité on y trouve un cortège de plantes remarquables qu'il ne faudrait pas laisser disparaître (en particulier une orchidée ligurosarde peu connue, *Ophrys arachnitisformis*). En outre les zones cultivées des Mayorques et de Saint-Phalès ont un intérêt paléogéographique, avec leurs hard-grounds.

Nota 2. — *Eboulis*: fréquents en de nombreux endroits et attendant une fixation meilleure que celle qu'assurent *Rumex scutatus* et *Calamagrostis argentea*; ils hébergent l'ombellifère *Ptychotis heterophylla*, plante-hôte principale du *Papilio alexanor*, joyau de la faune provençale, malheureusement très pillé (cette espèce a disparu à peu près complètement de Digne pour cette raison...).

Nota 3. — *Carrières*: L'exploitation de la pierre pourrait se faire de façon plus discrète qu'actuellement.

L'entrée des Gorges du Régalon est massacrée; le Rocher de Volx, situé sur Villeneuve, l'est aussi malgré qu'il y existait un château et qu'on y ait reconnu la présence de restes romains (avec des morceaux de très belles statues qui sont passées au concasseur !). Il convient de veiller sur la situation à Ménerbes et en bien d'autres endroits. Il ne manque pas de solutions adoptées déjà ailleurs (cf. carrières de Rognes).

F. — LES ÉLÉMENTS THERMOHYGROPHILES.

Les deux facteurs écologiques les plus importants à considérer étant la température (dépendant étroitement de l'insolation) et l'humidité (dépendant de la pluviosité), il se trouve que la région sud-est comprenant les zones de collines situées entre Pertuis et Sainte-Tulle présentent une combinaison de caractères climatiques assez particuliers, d'autant plus que le mistral y est très atténué.

On y observe donc une humidité et une température plus fortes et une stabilité atmosphérique assez grande pour que des courants ascensionnels importants se forment (une étude pour le vol à voile devrait être faite, d'autant plus que l'aérodrome de Vinon peut servir pour le lancement).

Nous avons insisté sur la présence d'espèces végétales et animales remarquables au niveau de la Cluse de Mirabeau. Bien que la Plaine de Saint-Sépulcre située au-dessus ne soit pas couverte d'une forte végétation, les vallons et les pentes qui l'entourent sont boisés et leur rebord constitue un « balcon de Durance ».

Avec les collines de Grambois et la majeure partie de la forêt domaniale de Corbières, ce sont des secteurs où DUFAY, BIGOT et REAL ainsi que plusieurs autres ont trouvé une faune entomologique originale dont le support est à préserver. Rappelons encore la présence des grands Rapaces sur les falaises de Lescaran, ces oiseaux utilisent le secteur de Saint-Sépulcre comme terrain de chasse et ne sauraient subsister sans que celui-ci soit intact.

G. — LE BUIS.

Cette plante presque omniprésente sur toute sorte de terrains pose un problème général dans le Luberon. Seconde dominante dans 4 des associations végétales les plus importantes, elle domine dans certains endroits dégradés (Buis et Sarriette de montagne). Une étude devrait en être faite. La buxaie la plus intéressante de toutes est celle des Fondons (moitié sur Auribeau, moitié

sur Saignon). On y trouve un hybride rare et remarquable entre le Thym (méditerranéen) et le Serpolet (non méditerranéen) : *Thymus vivariensis*, qui est l'indicateur de conditions biologiques très spéciales.

Sur le Petit Luberon au moins, il devrait être possible de planter du Cèdre et des chênes sur certains buxaies.

H. — LES INTRODUCTIONS VÉGÉTALES. LES FORÊTS DOMANIALES DU LUBERON ORIENTAL. LE PROBLÈME DES CONIFÈRES.

Les introductions végétales ont commencé semble-t-il, très tôt, dans le combeau d'Ardène, avant 1600. Il en subsiste peut-être encore quelque chose, en dehors des premiers marronniers français. Cela indique pourtant qu'introduire un végétal ne conduit pas souvent à le voir prospérer. Plus tard ce furent les 8 premiers Cèdres (1860) issus des graines d'un seul cône rapporté du Liban par le R.P. De Rome d'Ardène.

La forêt de Péliscier est un exemple très réussi de replantation dans une zone suffisamment arrosée. Mais l'aspect de cette forêt est peu provençal alors qu'il y eut autrefois de très belles futaies d'yeuses et de chênes pubescents.

Néanmoins, si cette forêt était atteinte, il s'ensuivrait, sur des roches généralement très fragiles (calcaires en petites plaquettes, marnes, argiles et gypses) un déséquilibre et une destruction en boule de neige de tout le couvert végétal.

Le conifère le plus répandu est le Pin d'Alep; si celui-ci contribue, dans les garrigues à romarin surtout, à couvrir le sol, il n'en reste pas moins très inflammable, comme le romarin d'ailleurs, ce qui impose des moyens D.F.C.I. importants. La reconstitution d'une chênaie à sa place vaudrait mieux. On peut d'ailleurs le voir par exemple dans le ravin du Dégoutau.

Nous ne plaçons pas pour une production de bois. De source autorisée, il faudrait 100 ans pour reconstituer la futaie originale sur le flanc sud du Luberon, qui serait exploitable dans des conditions médiocres et avec des conséquences non souhaitables.

Sur le flanc nord c'est plus une question de sol. Une belle futaie de Conifère (Pin d'Autriche, par exemple; comme il en existe une vraiment réussie), demande un sol brun forestier ou mieux un sol noir tel que la hêtraie n'en a même pas un. Tant que l'arbre ne peut se reproduire et s'étendre de lui-même, on ne peut pas estimer qu'il est dans son milieu naturel. Cela ne se produit que rarement pour le Pin d'Autriche, plus fréquemment par contre pour le Pin sylvestre. Or le cas de ce dernier est bien particulier : après avoir joué son

rôle protecteur sur une association de dégradation de la chênaie blanche (Association à Buis et à Sarriette, ou à Lavande vraie), il permet la reconstitution de cette chênaie qui l'élimine ensuite. Il s'agit d'un mécanisme qui mime l'évolution accomplie pendant des millions d'années : les Conifères ont reculé devant les feuillus qui produisent une surface foliaire quelque 6 fois supérieure et un humus beaucoup plus doux et abondant ils ne se sont maintenus que sur les sommets de montagnes ou dans la zone de la taïga, bien au nord de la ceinture méditerranéenne.

Il paraît donc illusoire, sauf exceptions, de vouloir entretenir dans le Luberon un « état naturel » en contrecarrant des mécanismes naturels, même s'ils sont moins rentables pour le moment. S'il s'agit par exemple de fabriquer de la pâte à papier sans avoir à compter avec les difficultés du terrain ni avec la reproduction des arbres ou tout autre facteur, n'importe quel sol, aujourd'hui abandonné sans profit, à peu près plat et en plaine, convenablement amendé et arrosé au début, pourra donner des satisfactions bien supérieures à des tentatives dans le Luberon.

Les exceptions existent cependant : le Cèdre dont on a parlé plus haut et, sur de petites surfaces, *Abies pinsapo* dont on ne connaît pas encore bien l'avenir. Il convient de souligner que le Cèdre s'est établi de lui-même dans beaucoup des combes où il se reproduit avec luxuriance sans réussir à gagner le haut des pentes ou le plateau : il est localisé, donc l'installation de nouvelles Cédraies demande une étude préalable attentive.

I. — LE MILIEU AQUATIQUE ET LES MARAIS. LES AVENS.

Le milieu aquatique est très peu représenté dans le Luberon et mérite une attention particulière.

A notre connaissance l'Aiguebrun est la seule rivière à truites (*Salmo fario*). Nous avons tenté de nous informer sur l'origine de ses eaux. Notre conclusion est que les résurgences de la rive gauche (Grand Luberon) ne sont pas les principales mais qu'en dehors des jours de pluie, ce sont des nappes profondes situées sous les Claparèdes qui l'alimentent lui et ses affluents (La Loube, le ruisseau d'Auron). L'existence de la Baume de l'Eau le montre. En conséquence de quoi une installation humaine avec un puisage (qui serait très coûteux à cause de la profondeur) et une pollution plus accentuée que les actuelles sur le Plateau des Claparèdes et le cours de l'Aiguebrun entraîneraient la mort de ces eaux chez lesquelles il semble qu'on note déjà des causes visibles d'altération.

La richesse de l'Aiguebrun est grande : algues, Diatomées en particulier, insectes aquatiques et truites.

Les rives, en raison de l'humidité permanente et de l'encaissement de la Combe de Lourmarin, montrent une flore très localisée : forêt galerie avec Peuplier blanc, Saule blanc, primevère printanière, etc. Il existe aussi quelques plantes rares.

Les autres cours d'eau sont peu importants : ruisseau de Saint-Pancrace, non encore pollué semble-t-il jusqu'à assez bas, et riche en insectes, drainant la cuvette marneuse située au-dessus de La Bastide-des-Jourdans; torrent de Chaffère (sous Montfuron) drainant un bassin de réception très érodé; ruisseau d'Aiguebelle (sous Montjustin); le ruisseau de Mirailles alimente l'Etang de la Bonde complètement pollué. Les autres ne valent guère la peine d'être cités.

Torrent de Corbières très intéressant.

Deux marais au moins sont à conserver.

Le plus important est celui de la Durance, contigu à Saint-Eucher, au sud du Pont de Valandre. Sa richesse botanique est remarquable.

En raison des délais impartis nous ne pouvons préciser mieux notre position vis-à-vis de certaines îles de la Durance près de Mirabeau et nous renvoyons à ce qui est dit plus loin (Mesures à prendre; préinventaire des sites 1970).

Le second est situé entre le Grand Devens et la colline de Valloncourt. On y a trouvé une flore en partie non méditerranéenne.

Il existe d'autres points marécageux intéressants : sur le Plateau des Claparèdes (Justamont), au fond de certains ravins (Dégoutau), sur la limite de la couche marneuse en contrebas de l'arête du Grand Luberon, sur un banc de calcaire dur, ce qui fournit en plusieurs points l'eau à laquelle s'abreuvent gibier et oiseaux.

Quelques avens sont repérés et devraient pouvoir être étudiés, après protection. Jusqu'ici les avens étudiés (par le Pr. GINET, de Lyon) sont ceux situés de l'autre côté du Calavon.

J. — PALÉONTOLOGIE.

Le Luberon n'a pas qu'une histoire actuelle et récente, même du point de vue humain (cf. ci-dessous).

La nature calcaire de la plus grande partie du massif fait qu'il n'est pas toujours aisé d'y trouver des gîtes fossilifères exploitables.

Néanmoins nous en connaissons une trentaine dans les zones étudiées et encore une autre trentaine dans le voisinage, surtout entre Vaugines, Lourmarin, Cucuron et Cabrières-d'Aigues. Parmi les plus remarquables : le gîte d'Aumane, sur le Vabre, qui a contenu des Mammifères miocènes; un gîte à Tortues; une série de gîtes à

Poissons dans les calcaires en fines plaquettes oligocènes de Céreste et de Vitrolles.

Étant donné qu'un insecte oligocène nouveau, appartenant probablement à une famille non décrite a été trouvé en mai 1971 (REAL et THÉOBALD), il est certain que l'intérêt de ces gîtes n'est pas éteint. De plus il reste, d'après l'Abbé COMBALUZIER des gîtes à Mammifères à trouver.

Devant les razzias qu'on fait des récolteurs et marchands belges en 1970 et 1971, il paraît nécessaire de protéger énergiquement les gisements essentiels, notamment à Céreste.

Ce sont les zones marneuses ou marno-calcaires qui peuvent le plus facilement être prospectées. Nous en avons cité un certain nombre. Il convient d'y ajouter celle de Saint-Martin-les-Eaux où autrefois existait un puits d'eau salée et où aujourd'hui sont stockés les produits pétroliers de Berre.

K. — ARCHÉOLOGIE.

Bien que la question ne soit pas du ressort direct de notre travail, il est nécessaire de souligner trois points.

1. — Les secteurs argileux ou marneux sont à l'origine de la fabrication de tuiles et de poteries soit historiques soit préhistoriques. Ainsi en est-il de plusieurs « Tuilières » dont plusieurs sont incluses dans nos périmètres. Également c'est le cas du secteur de Saint-Martin-les-Eaux où a été découvert tout récemment le centre de fabrication d'un type resté longtemps énigmatique de poterie antique très répandue en Provence et dans les provinces voisines.

2. — Les bandes rocheuses exposées au sud, principalement dans le secteur de l'Aiguebrun, ont été un foyer préhistorique et paléohistorique, puis historique continu depuis la paléolithique. Le projet de protéger de tels emplacements est donc tout à fait pluridisciplinaire. Il en est de même de plusieurs zones rocheuses du Petit Luberon. Sur face nord comme sur face sud il existe de nombreuses grottes situées partout dans la chaîne, qui ont été habitées : certaines sont accompagnées de sources (Baume de l'Eau).

3. — Les canyons tels que celui de Régalon ont aussi un intérêt préhistorique.

**

L'ensemble des considérations qui ont été ainsi dégagées trouve sa conclusion dans une carte.

1^{er} janvier 1972

P. RÉAL

CONSTITUTION DU GROUPE « G. GADIO » POUR L'ÉCOLOGIE DE BASE

Ce groupe s'est constitué en automne 1971, entre biologistes italiens ayant pour but la recherche écologique non directement appliquée.

Il se propose donc la diffusion de la culture écologique aux niveaux des écoles supérieures, et surtout des Facultés des Sciences italiennes, ainsi que l'organisation de réunions, d'un haut niveau scientifique, et l'échange de renseignements bibliographiques, culturels, techniques dans le domaine de l'écologie fondamentale.

Ouvert à tous ceux qui acceptent ces prémisses constitutives, le Groupe vise surtout à l'amélioration, qualitative et quantitative, des connaissances écologiques en Italie, ainsi qu'à l'assistance aux jeunes chercheurs désirant se consacrer aux recherches de biologie naturaliste. Le groupe est également disposé à considérer, sur une base d'information sérieuse, des problèmes réellement graves d'aménagement des écosystèmes et de protection des équilibres naturels.

Il comprend actuellement une trentaine de chercheurs, appartenant à l'Université, au C.N.R., ou à des institutions scientifiques municipales agissant dans le secteur de l'écologie animale et végétale.

Les fonctions de Secrétaire, les seules que prévoit officiellement le statut du Groupe, lequel se veut aussi dépouillé que possible d'entraves bureaucratiques, sont actuellement exercées par M. Menico TORCHIO, Directeur de la Station hydrobiologique et de l'Aquarium de la Ville de Milan, Viale Gadio 2. C'est de là que le Groupe a tiré son nom, ainsi que son caractère de milieu ouvert à toute contribution sérieuse au progrès des disciplines de l'environnement, sans limites géographiques, académiques ou d'intérêts extrascientifiques.

Menico TORCHIO

Gruppo « G. Gadio » d'Ecologia di base
Civica Stazione idrobiologica.

Viale G. Gadio, 2

20121 - Milano (Centro) Italia.

OUVRAGES D'ÉCOLOGIE. FILMS

Georges THINES et Raymons TERCAFS, 1972. — *Atlas de la vie souterraine*. 162 p., 68 fig. et photos en couleurs. Planète vivante. Albert de Visscher édit. Bruxelles.

Ouvrage remarquable et fort bien illustré introduisant à une bonne connaissance des animaux vivant dans les grottes. Si la partie « Atlas » est particulièrement brillante, il faut dire que le texte est à l'échelle. Certaines photos deviendront classiques telles celle qui représente un Diptère attaqué par les champignons ou le Poisson cavernicole de Cuba *Lucifiga subterraneus*, élevé à Moulis. Les écologistes doivent lire ce livre passionnant dont le texte est remarquablement présenté sur le plan pédagogique.

Claude DELAMARE DEBOUTTEVILLE.

Louis ROUSSEL, 1972. — *Photologie Forestière*. 144 p., Editions Masson et C^{ie}.

Il s'agit d'un ouvrage extrêmement intéressant pour tous les écologistes, correspondant à la synthèse des travaux de notre collègue. La simple consultation de la table des matières le démontrera aisément.

Introduction.

Rappel de quelques définitions.

Chapitre 1. — *Le soleil et le monde vivant.*

Le soleil divinisé,
Le soleil quantifié,
La photochimie,
La photobiologie,
La photologie forestière.

Chapitre 2. — *Etude physique du rayonnement naturel.*

Les appareils.

Les récepteurs thermiques,
Les récepteurs quantiques,
Les autres types de récepteurs.

Le rayonnement naturel en plein découvert.

Durée du jour et temps d'insolation,
Intensité du rayonnement naturel global,
Albédo,
Éclairement énergétique et éclairement visuel.

La modification du rayonnement naturel dans le milieu forestier.

Considérations théoriques,
Méthodes expérimentales.

Chapitre 3. — *Effets physiologiques partiels du rayonnement naturel sur les végétaux.*

Effet photopériodique et rythmes biologiques,
Effets du rayonnement naturel sur la germination et sur la croissance,

Effets du rayonnement naturel sur la nutrition carbonée, la respiration et la transpiration,
Autres effets du rayonnement naturel.

Chapitre 4. — *Effets pratiques globaux de l'ensemble du rayonnement naturel sur les végétaux.*

Le cortège des facteurs écologiques.

Variations de quelques facteurs physiques dans le milieu naturel,

Variations de quelques facteurs physiques dans des cas de végétation installées en forêt.

Réactions des végétaux aux variations du rayonnement naturel.

Influence du rayonnement naturel sur la composition de l'étage inférieur des sous-bois,

Développement des jeunes arbres en fonction du rayonnement relatif de leur station,

Cas des arbres résineux,
Cas d'arbres feuillus,

Développement des peuplements en fonction du rayonnement naturel absorbé.

Applications sylvicoles.

Régénération naturelle du sapin pectiné et de l'épicéa commun en altitude, sur sol de rendzine,

Régénération naturelle du chêne rouvre et pédoncule, dans des taillis sous-futaie de plaine, sur sol profond (type limon des plateaux),

Enrésinement des taillis sous-futaie pauvres en réserves sur sol profond (type limon des plateaux).

Conclusion.

Annexe.

Bibliographie.

Jean DORST, 1972. — *La Vie des Oiseaux*, tome I, page 1-384, fig. 1-407, tome II page 386-768, fig. 408-854, Editions Rencontre, Lausanne.

Il s'agit de deux très belles monographies rédigées d'une façon très claire et illustrées avec un grand soin par des documents de valeur. Notons l'existence très utile pour le public d'un dictionnaire de termes, une bibliographie par chapitre qui correspond à l'essentiel et d'excellents index à la fin de chaque ouvrage.

Nous pensons que ces livres doivent figurer dans les bibliothèques de tous les Laboratoires où l'on fait de l'écologie. Il nous apparaît utile de donner la table des matières de ces deux volumes

TOME I.

Chapitres :

- I. La conquête de l'espace aérien,
- II. La locomotion terrestre et aquatique,
- III. Les couleurs des Oiseaux,
- IV. Les aliments,
- V. Température et thermorégulation,
- VI. Le monde sensoriel des Oiseaux,
- VII. Les manifestations acoustiques.

Annexes :

- Catalogue des Oiseaux,
- Dictionnaire,
- Bibliographie,
- Index et crédit photographique.

TOME II.

Chapitres :

- VIII. Les modalités et le cycle de la reproduction,
- IX. Le territoire et les comportements territoriaux,
- X. Les parades nuptiales,
- XI. L'aménagement du nid,
- XII. La ponte et l'élevage des jeunes,
- XIII. Le parasitisme de la reproduction,
- XIV. Les populations d'Oiseaux et leur régulation,
- XV. Les formes ancestrales et l'évolution des Oiseaux,
- XVI. La classification des Oiseaux,
- XVII. Distribution des Oiseaux.

Annexes :

- Observation et protection des Oiseaux.

Catalogue des Oiseaux,
Bibliographie,
Index et crédit photographique.

Angus BELLAIRS, 1972. — *Les Reptiles*, vol. II, p. 389-768, fig. 394-774, éditions Rencontre, Lausanne.

L'édition française de cet ouvrage a été faite sous l'autorité de Monsieur et Madame SAINT-GIRONS, l'illustration est très riche. Elle va de planches d'anciens ouvrages jusqu'aux plus belles photos modernes. On y trouvera également de nombreux documents morphologiques, anatomiques ou histologiques fort utiles et qui manquent souvent dans les ouvrages destinés à un large public. Il nous paraît utile de donner la table des matières dont les chapitres sont également intéressants pour un groupe, qui finalement, est en général, assez peu connu par les écologistes généralistes. Notons à la fin une excellente mise au point de la systématique moderne des Reptiles, assez simple pour être compréhensible, assez fournie pour ne pas être décevante. Tout écologiste sera passionné par la lecture de cet ouvrage

Chapitres :

- VI. La peau,
- VII. Système nerveux, psychologie et organes des sens,
- VIII. Le sexe et la reproduction,
- IX. Développement embryonnaire, chromosomes et parthénogenèse,
- X. Croissance, âge et régénération,
- IX. Ennemis et modes de défense.

Annexes :

- Les Vipères d'Europe occidentale,
- Catalogue des Reptiles,
- Index et crédit photographique.

Jean DORST, 1972. — *Les Oiseaux dans leur Milieu*, 384 p., 351 fig. La Grande Encyclopédie de la Nature, éditions Rencontre, Lausanne.

Cet ouvrage traite de la répartition des oiseaux dans les différents milieux à la surface de la terre. Il est, comme tous les ouvrages de cette collection, clairement rédigé et remarquablement illustré. Dans le cadre de notre Société, les chapitres qui seront certainement les plus intéressants sont les derniers, à savoir ceux qui concernent : l'action destructrice de l'homme sur les oiseaux, les oiseaux et l'homme dans l'histoire, la place des oiseaux dans le monde transformé par l'homme. Sujets sur lesquels notre collègue est remarquablement compétent et sur lesquels la documentation concernant les oiseaux est particulièrement riche et significative.

Bien entendu, il n'était pas question pour l'auteur de traiter l'ensemble des sujets abordés dans ce livre dans le menu détail, car il s'agit avant tout, d'une collection de large diffusion.

Paul R. EHRLICH, 1972. — *La Bombe P., 7 milliards d'hommes en l'an 2000*, 232 pages, Editeur Fayard, Les Amis de la Terre.

Ce livre est consacré essentiellement à l'explosion démographique, aux moyens d'y porter remède. Il reprend un certain nombre d'éléments classiques sur l'impact de l'homme dans la biosphère, sur la nécessité de préserver l'environnement naturel « de notre vaisseau spatial » si l'on ne veut pas aboutir à des catastrophes.

L'accent est mis sur les difficiles conséquences qui résultent d'une dérive s'accroissant entre pays surdéveloppés et pays sous-développés. Les conséquences éthiques et les décisions dramatiques qui peuvent en résulter sont définies avec clarté. Toutes les notions qui sont développées sont maintenant bien familières aux écologistes professionnels sur le plan international. Il manquait toutefois aux Français un livre du style de celui qui nous est présenté, c'est-à-dire un ouvrage parfaitement didactique et régulièrement progressif dans les exposés et pouvant être lu et saisi par tout le monde. L'Association des Amis de la Terre a incontestablement rendu là un sérieux service. Regrettons toutefois certaines petites incertitudes de traduction qui auraient pu être corrigées par un simple coup de téléphone. Tous les naturalistes savent en particulier que les « mites » de la langue anglaise sont les Acariens de la langue française. Ce sont là des défauts mineurs puisqu'aussi bien ils ne s'opposent pas à la compréhension d'un ouvrage qui est excellent.

R. DE NAUROIS, 1969. — *Peuplements et cycles de reproduction des oiseaux de la côte Occidentale d'Afrique. Mémoires du Mus. Nat. Hist. nat. A., Zoologie*, t. 56, 312 p., 31 fig., 2 pl.

Le travail de thèse de René de NAUROIS est essentiellement basé sur l'étude des populations aviaires et de leur reproduction sur cinq aires successives qui sont du Nord au Sud :

- Côte de l'Arguerguer et îlot Virginia.
- Côtes de la Mauritanie et îles du Banc d'Arguin.
- Aftout est Sahéli et Delta du Sénégal.
- Côtes de Sénégalie.
- Guinée Portugaise et archipel des Bijagos.

Dès l'avant propos, l'auteur nous précise le problème majeur qui justifie le choix des biotopes et la localisation géographique des recherches : « La côte

est-elle une limite, une ligne idéale entre deux domaines absolument étrangers l'un à l'autre ? Est-elle au contraire une zone intermédiaire où viennent se recouvrir, s'interpénétrer, voire se combiner des éléments hétérogènes ? Est-elle à la fois ou successivement l'un et l'autre, selon le point de vue ou selon le lieu ? ». Dans toute recherche écologique, il s'avère en effet indispensable dès le départ de bien cerner les limites des écosystèmes et d'en analyser les interférences pour ne pas créer de faux biotopes à la frontière de domaines apparemment très différents.

Le travail de René de NAUROIS nous montre qu'en fait la côte est à la fois zone intermédiaire entre le domaine terrestre et le domaine marin, comme l'atteste la cohabitation dans l'Arguerguer de Grands Cormorans et de Faucons, de Sternes et de Martinets, et limite stricte comme sur la « Petite Côte sénégalaise » où « les oiseaux de mer ne font que glisser le long des rives sans pouvoir s'y accrocher pour s'y reproduire ».

On peut remarquer que si la côte constitue un domaine « sui generis » comme cela apparaît tout au long du livre, elle n'est pas pour autant un facteur de différenciation spécifique à l'origine d'un peuplement autonome par rapport aux formes purement terrestres ou purement marines. Ceci tient évidemment beaucoup plus aux caractères écologiques et éthologiques propres aux oiseaux qu'à un manque d'originalité du biotope lui-même. (Les groupes plus inféodés aux milieux terrestres ou marins — Invertébrés en particulier — sont à cet égard beaucoup plus aptes à fournir des contingents spécialisés constituant des peuplements hautement originaux entre ces deux vastes domaines.)

L'ouvrage est divisé en cinq grandes parties où sont étudiés successivement les peuplements des cinq régions citées ci-dessus. C'est là, l'essentiel du travail d'analyse (de la p. 31 à la p. 252), chaque zone étant décrite de façon très précise tant au point de vue topographique que microclimatique, l'avifaune étant abordée population par population.

Aucun détail susceptible d'éclairer l'aspect écologique des problèmes n'est laissé dans l'ombre, et les réflexions que suscitent les observations faites au jour le jour sont, elles aussi, minutieusement notées.

Dans la dernière partie de l'ouvrage, intitulée « Interprétations et conclusions générales », l'auteur, après avoir repris et précisé les périodes de ponte de presque toutes les espèces dans les diverses stations, insiste sur l'extraordinaire variété des conditions stationnelles due au très large éventail écologique offert aux populations à partir des conditions de substrat et de microclimats. Il en tire une première réflexion de portée générale sur laquelle on n'attirera jamais assez l'attention : « L'écologie vaut pour le détail ».

Ceci ne s'oppose d'ailleurs pas à l'élaboration de lois générales permettant d'expliquer les modalités de la reproduction (recherche de la sécurité, adaptation aux conditions locales, position des nids par rapport au sol, structure du nid et échauffement, modalités du gréganisme au cours de la reproduction en colonies...), l'ajustement des périodes de reproduction dans le temps, la dynamique des populations et l'aspect nutritionnel des problèmes.

Une tentative d'explication biogéographique de quelques répartitions singulières (recouvrement des avifaunes dans le sens méridien, entre autres) termine cette partie synthétique.

On peut peut-être regretter que R. de NAUROS n'ait pas donné, dès le début de l'ouvrage et à l'attention des non-spécialistes, une vue d'ensemble du peuplement aviaire de l'Afrique occidentale, en en soulignant les lignes de force biogéographiques, ou simplement la liste exhaustive des espèces rencontrées, car il faut attendre la page 253 pour avoir une idée d'ensemble de ce peuplement.

René de NAUROS nous apporte dans cette thèse une documentation extrêmement riche sur la côte occidentale de l'Afrique qui fait que son étude n'intéressera pas seulement les ornithologues, mais tout écologiste ayant à travailler dans ces régions. La quantité d'observations réunies sur des biotopes souvent très difficiles d'accès ne peut manquer d'étonner ceux qui ne connaissent pas l'activité inlassable déployée sur le terrain par ce chercheur.

D'autre part la formation littéraire et philosophique de l'auteur, que l'on sent en filigrane dès l'avant-propos, nous permet d'évoluer dans une masse énorme de données sans que jamais l'intérêt ne faiblisse. La rédaction de l'ouvrage bénéficie incontestablement d'une langue à la fois imagée et précise, et transforme certains passages qui auraient pu être arides en récits où poésie et érudition scientifique font le meilleur des ménages.

P. CASSAGNAU.

A.J. COLE, 1969. — *Numerical Taxonomy*, I-XIV + 1-324. Academic Press London and New York.

Cet ouvrage est le compte rendu d'un colloque qui s'est tenu à l'Université de St. Andrews (Ecosse) les 2-4 septembre 1968.

1. *Contrôle de la diversité : Etude comparative de différentes méthodes numériques*, A.J. BOYCE.

L'auteur décrit différentes méthodes numériques permettant de mesurer des coefficients de ressemblance; ceux-ci étant utilisés pour rechercher la structure d'un

groupe. Il termine avec une étude comparée de ces méthodes en l'appliquant à l'étude comparative de crânes d'*Hominidae* et de quelques singes.

2. *L'utilisation de méthodes graphiques dans la classification*, R.M.M. CRAWFORD.

L'auteur se propose d'appliquer les méthodes informatiques pour construire des cartes de distribution géographique en rapport avec certains facteurs écologiques.

3. *Une Taxonomie Numérique des entreprises*, F. GORONZY.

En s'appuyant sur des méthodes utilisées en Taxonomie Numérique (dendrogramme), l'auteur classe une cinquantaine d'entreprises des Etats-Unis; les variables utilisées sont en rapport avec la qualité des employés, les productions, les capitaux, etc...

4. *Organisation de groupes et discrimination à partir des fonctions d'homogénéité*, A.V. HALL.

L'auteur rappelle les utilisations de la Taxonomie Numérique. Son travail est surtout consacré à l'étude de l'organisation des groupes et à l'identification soit des éléments de groupes, soit des groupes eux-mêmes.

5. *Relations phénétiques entre des espèces d'*Ononis**, R.B. IVIMEY-COOK.

L'auteur a utilisé 64 caractères pour 52 Unités Taxonomiques Opérationnelles (U.T.O.). Les résultats sont consignés par des dendrogrammes et des représentations dites « en nuages ». Ensuite, il compare les résultats obtenus avec la classification de SIRJAEV (1952).

6. *Comparaison de classification*, D.M. JACKSON.

L'auteur compare les classifications différentes que l'on peut obtenir à partir du même matériel selon les caractères utilisés.

7. *Sur deux critères de classification*, I.C. LERMAN.

Après avoir défini le critère : fonction numérique qui mesure les accords entre une classification et un graphe; 4 types de classification sont présentées. Après discussions et démonstrations, le 2^e est jugé le meilleur.

8. *Une approche taximétrique de la classification des genres à fruits épineux (tribu *Caulalidae*) chez les *Ombellifères**, J. MACNOELL, P.F. PARKER et V.H. HEYWOOD.

En plus des caractères basés sur les fruits, les auteurs utilisent des caractères morphologiques et bio-

chimiques, soit au total 83. Le programme utilisé est le « Camberra Multist Program ». Le but de ce travail est de comparer les regroupements obtenus avec les classifications antérieures basées surtout sur les caractères du fruit et de l'inflorescence; malheureusement, ce but ne semble pas bien atteint car les classifications antérieures sont mal explicitées.

9. *Renseignements sur des modèles théoriques pour des classifications hiérarchiques et non hiérarchiques*, L. ORLOCI.

On a décrit plusieurs fonctions théoriques qui se sont adaptées pour l'imposition de structures sur des collections multivariées. Ces fonctions incluent des informations totales. De plus, l'application de la discrimination des informations est discutée en rapport avec un tri non hiérarchique d'individus entre les catégories des paramètres connus. Au regard des classifications hiérarchiques, l'utilisation d'informations hétérogènes, comme une fonction décisive dans la subdivision et le regroupement d'ensembles, est esquissé.

10. *Une étude mathématique du genre Pentremites*, C.C. OSTRENDER.

Essai d'identification de matériel fossile appartenant au genre *Pentremites*. 5 caractères étaient considérés. Échec, 50 % de spécimens ne sont pas identifiés, 15 % ont reçu plusieurs identifications.

N.B. — Ce résultat semble logique car l'auteur n'a pas étudié personnellement ce groupe taxonomique mais s'est seulement référé à un travail publié en 1957 par GALLOWAY et KASKA. De plus, l'utilisation de seulement 5 caractères pour 62 espèces doit logiquement déboucher sur un échec.

11. *Classification automatique dans l'écologie de Champignons Supérieurs*, A.F. PARKER-RHODES et D.M. JACKSON.

Essai de classification automatique de Basidiomycètes récoltés durant 16 ans dans des localités écologiquement diverses de la région de Platford, Suffolk.

12. *Classification de données non ordonnées par l'analyse de facteurs R-mode et par l'analyse Q-mode de groupes sur des fonctions distantes*, J.M. PARKS.

L'auteur se propose de décrire un système de classification par ordinateur, d'objets ou de groupes, par un procédé pouvant s'appliquer d'une façon universelle. Le programme est déjà écrit en Fortran IV et est opérationnel sur CDC 6400.

13. *Techniques de classification pour des grands nombres de spécimens*, G.J.S. ROSS.

Il existe des méthodes permettant de classer des ensembles réduits d'objets (ex. méthode de GAVER, 1966). Pour le cas où le nombre d'objets à classer excède 200, l'auteur décrit la méthode « minimum spanning tree » (GAVER et ROSS, 1968), méthode mise au point à Rothamsted.

14. *Un algorithme pour construire une hiérarchie fine*, M. ROUX.

Critiques d'un article de C.J. JARDINE, M. JARDINE et R. SIBSON « Structure et construction de hiérarchies taxonomiques ».

15. *Applications de l'Association-Croisée à l'étude évolutive du cytochrome C*, M.J. SACKIN.

Le but de ce travail est de se servir des séquences des acides aminés d'une protéine (par ex. le cytochrome C) pour classer des organismes et essayer de dégager un schéma évolutif. Ce travail est fait à l'aide de la méthode dite « Association croisée » où les séquences sont comparées deux à deux.

16. *Evaluation des méthodes en grappes*, P.H.A. SNEATH.

Mise au point critique et discussions sur différentes méthodes d'analyse en grappes et de leurs applications.

17. *Analyse en grappes dans la géographie sociale*, A.J. WILLMOTT et P.N. GRIMSHAW.

Application des méthodes de Taxonomie Numérique pour analyser la composition et la vie de divers quartiers des agglomérations urbaines (ex. quartier nord de Staffordshire).

18. *Méthode d'analyse : Une généralisation la plus proche de celle qui diminue les effets de chaîne*, D. WISHART.

Examen des raisons de l'échec de la méthode de classification numérique de Ward suivi de l'étude de diverses méthodes proposées par différents auteurs.

N.B. : Ouvrage qui pourrait être intéressant, mais, hélas, en majorité rédigé par des mathématiciens pour des mathématiciens. La démonstration théorique d'équations est une chose, l'application pratique à la science biologique en est une autre; en effet, la Biologie est une Science qui se laisse difficilement mettre en graphes et en équations, aussi il faut user de ces méthodes avec beaucoup de prudence.

C. SASTRE.

Le problème de l'eau en France. — Notes et Etudes documentaires. La Documentation Française, 18 septembre 1965, n° 3219, pp. 1-40.

L'eau existe en quantité suffisante, mais sa répartition inégale dans le temps et dans l'espace conduit à consentir des investissements de nature à satisfaire les usagers.

La consommation d'eau croît avec le niveau de vie du pays considéré et varie de 15 m^3 par habitant et par an dans les pays en voie de développement à 500 m^3 en Europe et $1\,000 \text{ m}^3$ aux Etats-Unis, les besoins vitaux n'en constituant qu'une faible partie.

Sur le plan quantitatif, l'étude des bassins et des données climatiques, géographiques, géologiques et pédo-logiques, ainsi que l'établissement de relevés de cotes de devis, permettent d'évaluer les ressources en eau. L'écoulement total annuel des cours d'eau en France s'élève à 180 ou 190 milliards de mètres cubes ; 70 à 90 sur forme de ruissellements, 110 à 90 sous forme d'émersions.

En ce qui concerne la consommation d'eau, elle correspond aux besoins :

- des collectivités : de l'ordre de 3,5 milliards de m^3 pour 1970 ;
- de l'irrigation ancienne, notamment dans le Midi de la France ;

- de l'irrigation de complément jusque dans les régions les plus humides de la France (10 à 15 milliards de m^3 en 1970), qui permet d'augmenter les rendements culturels, donc le revenu net de l'exploitation, et de régulariser la production, mais correspond à la perte totale, par évaporation, de l'eau utilisée ;

- de l'industrie (fabrication du papier, industries chimique, atomique et pétrolière, procédés de refroidissement, services sanitaires et sociaux). A noter que l'eau n'est pas le seul élément utilisable dans l'industrie, mais qu'elle reste le moins onéreux ;

- de l'énergie hydraulique, qui ne consomme pas d'eau au sens strict du terme ;

- de la navigation et des cours d'eau, qui ne peuvent se maintenir qu'en conservant un débit suffisant, l'étude de la faune d'une rivière étant un moyen rapide de connaître sa qualité ;

- de la pêche, des plans d'eau et autres activités nautiques.

Sur le plan qualitatif, l'eau que l'on rencontre dans la nature est très différente du concept chimique pur H_2O . L'eau est un milieu vivant, qui connaît des troubles d'ordre physique (température, transparence, con-

ductibilité électrique, odeur, constitution du fond), chimique (composés toxiques pour l'homme, les animaux, la faune et la flore aquatiques), biologique et bactériologique (bactéries pathogènes et non pathogènes).

Les pollutions se rencontrent dans tous les pays industrialisés et à forte densité de population, et la fluidité, le déplacement et les qualités de dilution de l'eau font qu'il n'est pas possible de considérer un tronçon de rivière ou une partie de nappe indépendamment de ce qui l'environne. Certaines pollutions apparemment anodines peuvent être graves, particulièrement dans les régions agricoles.

La lutte contre la pollution peut se faire par :

- épuration des effluents, qui est résolue sur le plan technique ;

- traitement des eaux usées.

Le coût de l'épuration est fonction de la quantité, de la nature, de l'interaction et du taux de dilution des éléments polluants. Il est élevé, et une politique coopérative du traitement des eaux serait moins onéreuse et plus efficace que des actions individuelles.

Les résultats de cette étude, exposés avec clarté et accompagnés de tableaux, graphiques et cartes faciles à lire, restent d'actualité et ne manqueront pas d'intéresser tous ceux préoccupés par les problèmes d'aménagement du territoire.

Michèle VANNIER.

Gunnar THORSON, 1971. — *La Vie dans la Mer.*
L'Univers des Connaissances. Hachette. 256 pages.

Gunnar THORSON, qui a disparu voici quelques mois, était un grand connaisseur de la mer et un excellent pédagogue. Il ne faut pas s'étonner, dans ces conditions, que ce livre soit particulièrement attrayant et couvre à peu près tous les aspects de la biologie marine en évoquant en même temps les chapitres les plus intéressants de l'océanographie biologique.

Il serait vain de vouloir analyser par le détail un tel ouvrage, qui doit connaître un succès légitime.

Nous insisterons seulement sur certains points : tout d'abord, l'ouvrage est remarquablement rédigé, selon un plan rigoureux, qui peut permettre à toute personne ne connaissant pas la mer d'acquiescer les notions fondamentales et de comprendre le vocabulaire parfois un peu spécialisé de cette science.

Une grande qualité est de présenter le cadre écologique et de passer ensuite successivement aux différents modes de vie et aux différents milieux. Tout cela est excellent.

Ajoutons une remarquable illustration, presque toujours de première main (les dessins sont essentiellement dûs à Gunnar THORSON et aux grands dessinateurs que sont Paul WINTHER et Kai OLSEN).

Certains diagrammes présentant les habitants des différents milieux avec les principaux peuplements sont particulièrement parlants et, d'ores et déjà, méritent de devenir classiques.

Nous ferons deux critiques, qui peuvent tenir l'une et l'autre à la traduction. D'une part, des inexactitudes de termes comme par exemple d'appeler les Pycnogonides des Araignées de mer et non point des Arachnides marins. Nous ne tenons pas à donner une longue énumération de ces fautes de traduction, ainsi que des fautes d'orthographe dans les noms latins, qui peuvent simplement relever d'une mauvaise correction des épreuves.

Par ailleurs une autre chose nous étonne un peu plus. C'est que THORSON, qui était un homme possédant une très grande connaissance du domaine marin, ait laissé des incertitudes par défaut, qui sont assez surprenantes en ce qui concerne certains chiffres : par exemple, quelque part il dit qu'il y a 40 espèces de Foraminifères alors qu'il y a certainement 40 familles et plusieurs milliers d'espèces dans la zone considérée.

En ce qui concerne le nombre d'espèces des différents groupes on peut également s'interroger de savoir s'il n'y a pas eu confusion entre espèces et genres. S'il y a des dizaines de milliers d'espèces connues de Copépodes, il est certain qu'il doit en exister des centaines de milliers.

En ce qui concerne donc la traduction de certains chapitres, ne connaissant pas le texte anglais, nous nous poserons la question de savoir si le texte de notre regretté ami ne parlait pas plutôt de types d'organisation, c'est-à-dire des grands rameaux d'évolution plutôt que des genres ou même de familles. Le contexte est parfaitement clair. Il insiste à tout propos sur l'extraordinaire diversité. Dans certains cas, les chiffres fournis pour les hommes qui ont l'habitude des choses de la mer, inclineraient plutôt à croire qu'il s'agit d'une très grande pauvreté.

Quoi qu'il en soit, ce livre est remarquablement illustré, remarquablement rédigé et fort bien présenté. Il doit entrer dans la bibliothèque de tous les écologistes et, bien entendu, doit être lu par tous ceux qui n'ont aucune compétence particulière dans le domaine de la biologie marine.

Ils y trouveront l'expérience accumulée de toute une vie fertile, une documentation presque toujours de première main et, en tous les cas, toujours fertilisée par une riche expérience personnelle.

C.D.D

Jean BOULAIN. — *L'agrorologie*. Collection « Que sais-je ? », n° 1412.

Excellente mise au point sur la science du sol vue en fonction de son intérêt agronomique. Les aspects suivants sont traités :

1°) la définition de l'état du sol : constituants du sol, ambiance physico-chimique, organisation du sol;

2°) quelques dynamismes : l'eau, la matière organique et l'azote, les éléments fertilisants, la dynamique de la structure;

3°) l'utilisation du sol : la classification des terres, le diagnostic agrorologique, les techniques agrorologiques.

Paul CHOVIN et André ROUSSEL. — *La pollution atmosphérique*. Collection « Que sais-je ? », n° 1330.

Écrit par deux spécialistes connus, cet ouvrage fait le point sur une question pleine d'actualité. Il envisage successivement l'origine et la nature des polluants, leur action sur l'homme, la faune et la flore; la lutte contre la pollution et ses aspects économiques et financiers. On constatera, en lisant ce livre, combien des mesures d'urgence s'imposent; et il serait temps que notre pays se décide à les prendre.

Louis-René NOUGIER. — *L'économie préhistorique*. Collection « Que sais-je ? », n° 1397.

On peut dire que ce livre est un précis d'« écologie de l'homme préhistorique ». L'auteur examine comment les premiers hommes, fortement intégrés au milieu naturel, ont su trouver leur subsistance et améliorer peu à peu leur mode de vie en passant de l'ère des collecteurs à l'ère des chasseurs, puis à l'ère des producteurs lors de l'invention de l'agriculture et de l'exploitation des premières mines.

Michel CUISIN, 1971. — *Qu'est-ce que l'écologie ?* pp. 1-160. Collection « Connaissance », 32. Bordas, Paris.

Il s'agit d'un excellent petit ouvrage d'initiation. Peut-être pourrait-on regretter que certains chapitres soient limités à la définition des termes, mais il est évidemment très difficile de donner un aperçu de ce qu'est l'écologie en si peu de pages.

Dans l'ensemble, cet ouvrage est bien présenté. Il est de nature, au niveau de beaucoup de citoyens, ainsi que le souligne l'auteur, à faire prendre conscience aux habitants des villes de l'importance de la nature.

« Tous les êtres vivants occupent une place à laquelle ils sont remarquablement adaptés mais que le citadin croit pouvoir modifier parce qu'il n'a plus aucun contact véritable avec la Nature et qu'il ne comprend pas que, sans elle, il ne saurait vivre. Trop souvent en effet, le « grand civilisé » pense que la Nature se réduit à quelques animaux et plantes agréables à regarder ou bizarres, alors qu'en fait il s'agit de l'air qu'il respire, de l'eau qu'il boit, des plantes qu'il mange et de tous les êtres vivants, de ceux qu'il utilise et surtout des autres ».

Pierre AGUESSE, 1971. — *Clefs pour l'écologie*. 222 pages. Éditions Seghers, Paris.

Ce petit ouvrage de notre collègue AGUESSE constitue une introduction à l'écologie destinée au grand public.

Les principes énoncés le sont clairement et l'essentiel est dit.

Ce livre sera utile à tous les étudiants, en quelque discipline que ce soit. Il est clairement rédigé et présenté de façon agréable.

Nous nous permettons d'en donner le sommaire :

Préface.

Introduction.

Leçon de vocabulaire.

I. — *Les éléments fondamentaux de la biosphère : l'eau, l'air, le sol.*

1. L'eau.
2. L'air.
3. Le sol.

II. — *L'homme et la biosphère.*

4. Répartition de l'énergie au sein de la biosphère.
5. L'explosion démographique.
6. L'homme face aux ressources naturelles.

III. — *L'écologiste et la biosphère.*

Conclusion.

Annexes.

Glossaire

Bibliographie.

Yvon CABANIS, Lucette et Francis CHABOIS. — *Végétaux et groupements végétaux de Madagascar et des Mascareignes*. B.D.P.A. Tananarive. T. I, 1969 : 1-389. T. II, 1970 : 390-754. T. III, 1970 : 755-1132. T. IV, 1970 : 1132-1345.

Le but de cette série en 4 volumes, éditée par le B.D.P.A. à Tananarive selon des procédés économiques,

mais ne nuisant pas à la lisibilité, est de mettre le monde végétal de Madagascar et des Mascareignes à la portée des personnes qui ne sont pas des botanistes professionnels : étudiants, enseignants, botanistes amateurs, et aussi chercheurs d'autres disciplines, désireux de savoir dans quelles formations ils travaillent, mais déroutés par l'originalité et la richesse botanique de Madagascar.

Après une présentation générale très succincte de Madagascar et des Mascareignes du point de vue de la paléogéographie, des conditions écologiques, de l'endémicité, des affinités et de l'évolution de la flore, les auteurs présentent les espèces végétales les plus typiques et les plus répandues des différents milieux.

Celles-ci sont étudiées, par milieu et par famille, selon les rubriques : noms vernaculaires, habitat, floraison et fructification, origine, description, observations, usages. Pour qui connaît l'originalité de la flore malgache, on voit immédiatement une difficulté d'utilisation de ce volume : il s'agit tout d'abord de déterminer la famille; rien ne permet malheureusement d'y parvenir, dans ces ouvrages.

Les milieux envisagés sont, chacun, succinctement caractérisés. Il s'agit de :

- T. I. — Milieu aquatique d'eau douce. — Milieu humide. Rivières marines. — Mangrove. — Rochers et pelouses à Xérophytes.
- T. II. — Forêt humide et savoka. — Forêt sèche. — Bush. — Formations herbeuses.
- T. III. — Plantes rudérales. — Plantes exotiques.
- T. IV. — Plantes ornementales et curieuses.

FILMS

Nous nous proposons dans cette rubrique de faire connaître les différents films qui peuvent servir à l'enseignement de l'écologie.

Nous serions reconnaissants à nos collègues de bien vouloir nous signaler l'existence des films qui pourraient être réalisés dans leur laboratoire et l'adresse à laquelle on peut se les procurer.

Géophysique des fonds marins - Dérive des continents et océanographie biologique.

Sous le titre de « Polymède, buts et méthodes d'une campagne océanographique », le Service du Film de

Recherche Scientifique, en relation avec le Centre Océanologique de Bretagne, vient de réaliser un très beau film en deux parties. La projection dure environ 1 heure 40 minutes au total, mais les deux parties sont indépendantes.

Les schémas explicatifs sont remarquablement clairs et l'on ne peut que conseiller l'utilisation de ce film dans le cadre de n'importe quel cours d'écologie.

On peut se procurer ce film au Service du Film de Recherche Scientifique, 96, boulevard Raspail, Paris 6°.

Biologie souterraine.

Sous le titre « La vie souterraine dans le karst », le Service du film de Recherche Scientifique vient de publier un film de 34 minutes, qui présente le labo-

ratoire du C.N.R.S. à Moulis (Ariège) et montre également de remarquables images sur l'ensemble des groupes souterrains, sur leur biologie, leur développement et leur écologie. Ce film peut illustrer n'importe quel cours d'écologie.

On peut se procurer ce film au Service du Film de Recherche Scientifique, 96, boulevard Raspail, Paris 6°.

La vie animale dans le sol.

Film de 32 minutes qui présente les différents groupes qui habitent le sol et qui essaie d'illustrer les techniques d'études écologiques. Le rôle de la microfaune dans l'humification est souligné. Ce film est destiné à illustrer les cours d'écologie. Il a été réalisé au Laboratoire d'Ecologie Générale de Brunoy. On peut se le procurer au Service du Film de Recherche Scientifique, 96, boulevard Raspail, Paris 6°.



EDITIONS DU CENTRE NATIONAL
DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

15, quai Anatole France 75 - Paris-VII C.C.P. Paris 9061 11 Tél. : 555 26 70

Programme Biologique International

ECOLOGIE DU SOL

**CYCLE DE LA MATIÈRE ORGANIQUE
ET DES ÉLÉMENTS MINÉRAUX
DANS QUELQUES ÉCOSYSTÈMES MÉDITERRANÉENS**

par

Maurice RAPP

**DYNAMIQUE SAISONNIÈRE DE DEUX SOLS
EN CLIMAT TEMPÉRÉ**

par

Georges BACHELIER et André COMBEAU

Introduction par

Claude DELAMARE DEBOUTTEVILLE

Professeur au Muséum National d'Histoire Naturelle



Ouvrage in-4° coquille, 256 pages, 77 figures au trait in-texte,
5 planches simili hors-texte, relié.

PRIX : 64,50 F TTC

Imprimerie LOUIS-JEAN, 05002 GAP

Le Gérant : Cl. DELAMARE DEBOUTTEVILLE

Dépôt légal n° 422 — 1972

